

CONTRÔLE DES VÉHICULES
DE TRANSPORT
SOUS TEMPÉRATURE DIRIGÉE

THÈSE

PRESENTÉE

A L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD DE LYON
(médecine-Pharmacie)

et soutenue publiquement le 18 Juin 1978

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR - VETERINAIRE

par

HUGUES MERCY
né le 17 Juin 1949

JURY	:	Mr le Professeur BERTOYE	Président
		Mr le Professeur FLACHAT	Assesseurs
		Mr le Professeur BARONE	

1978



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554217_0025

CONTRÔLE DES VÉHICULES
DE TRANSPORT
SOUS TEMPÉRATURE DIRIGÉE

THÈSE

PRESENTÉE

A L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD DE LYON

(médecine-Pharmacie)

et soutenue publiquement le

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR - VETERINAIRE

par

HUGUES MERCY

né le 17 Juin 1949

JURY : Mr le Professeur BERTOYE
Mr le Professeur FLACHAT
Mr le Professeur BARONE

Président
Assesseurs

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. CHANTEGRELET, DELATOUR, DESCHANEL, JEAN-BLAIN, LAPRAS, LE NIHOUANEN.

MAITRES DE CONFERENCES

MM. BOIVIN, GASTELLU, MOUTHON.

MAITRES-ASSISTANTS AGREGES

M. PRAVE.

MAITRES-ASSISTANTS

Mme CHAUVÉ, MM. FRANCK, FAU, GARNIER, GEVREY, GOUY, KECK, LABE, Mlle LAVAL, M. LEGEAY, Mme RACHAIL, M. RICHARD.

ASSISTANTS

MM. BELLI, BEZEAUD, CHEVRIER, Mlle COURSAT, MM. DEGUELLE, DEMONT, DESCOTES, EUZEBY, Mlle FLEURY, GENIN,
MOREAU, NEYRET, PERROTIN, Mme SIMONET, M. SOTTIAUX.

EXAMINATEURS DE LA THESE

Président	: M. le Professeur.	BERTOYE	de la Faculté de Médecine.
Premier assesseur	: M. le Professeur.	FLACHAT	de l'Ecole Nationale Vétérinaire.
Deuxième assesseur	: M. le Professeur	BARONE	de l'Ecole Nationale Vétérinaire.

L'Université Claude Bernard (Médecine-Pharmacie) de LYON et l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation ni improbation.

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE
DE LYON

- DIRECTEUR	Monsieur le Professeur FROGET	
- DIRECTEURS HONORAIRES.....	Messieurs les Professeurs	TAPERNOUX, FLORIO

PROFESSEURS

1° - Pharmacie et Toxicologie.....	M. LORCIE
2° - Anatomie descriptive - Extérieur - Anatomie appliquée.....	M. BARONE
3° - Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie.....	M. BOST
4° - Histologie - Embryologie - Anatomie Pathologique.....	M. TISSEUR
5° - Hygiène et Industrie des Aliments d'Origine Animale.....	M. FLACHAT
6° - Parasitologie et Maladies Parasitaires.....	M. EUZEBY
7° - Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores - Législation Vétérinaire.....	M. FONTAINE
8° - pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-Cour.....	M. COTTEREAU
9° - Technique chirurgicale - Pathologie chirurgicale.....	M. COULON
10° - Obstétrique - Pathologie de la Reproduction.....	M. BERTRAND
11° - Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie.....	M. OUDAR
12° - Ethnologie - Zootechnie - Economie Rurale.....	M. FROGET
13° - Botanique appliquée - Agronomie - Alimentation.....	M. WOLTER
14° - Physique et Chimie biologiques et médicales.....	
15° - Maladies Contagieuses - Zoonoses - Législation Sanitaire.....	M. JOUBERT

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BERTOYE,

qui nous a fait l'honneur de présider la
soutenance de notre thèse.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR FLACHAT,

qu'il veuille trouver ici nos chaleureux
remerciements pour la qualité et les vé-
rités de l'enseignement qu'il nous a
prodigué.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BARONE,

qui fut notre premier Maître, en témoigna-
ge de notre reconnaissance pour avoir ac-
cepté de faire partie de notre jury de
thèse.

A mes parents,

dont la confiance m'a toujours soutenu..

A mon épouse,

technicienne des Services Vétérinaires
dont le concours m'a été précieux.

A Mr le Dr CUNY,

A Martine,

A Jean-Paul,

A TOUS GRATITUDE.

TABLE DES MATIERES

- INTRODUCTION

- TRANSPORT SOUS TEMPERATURE DIRIGEE

CHAPITRE I - LES VEHICULES

- Section I : Les isothermes
- Section II : Les réfrigérants
- Section III : Les frigorifiques
- Section IV : Les calorifiques

CHAPITRE II - LES DIFFERENTS MODES DE TRANSPORT

- Section I : Les wagons
 - § I : Les wagons isothermes
 - § II : Les wagons réfrigérants
 - § III : Les wagons frigorifiques
- Section II : Les camions
- Section III : Les conteneurs
- Section IV : Les conteneurs ISO
- Section V : Les citernes
- Section VI : Les voitures boutiques

CHAPITRE III - L'UTILISATION DES VEHICULES

- Section I : Action du froid
 - § I : Action sur les micro-organismes
 - § II : Perte en eau
 - § III : Modifications de structure
 - § IV : Conséquences
- Section II : Choix d'un véhicule de transport
 - § I : Aménagement intérieur
 - § II : Autonomie
 - § III : Classes d'engins

- Section III : Hygiène des transports
 - § I : Avant le transport
 - § II : La caisse isotherme
 - § III : Chargement et déchargement
 - § IV : Contrôle des températures

- L'ISOLATION

CHAPITRE I - LES ECHANGES DE CHALEUR - REGLES DE L'ISOLATION

CHAPITRE II - LES ISOLANTS

- Section I : Principe
 - § I : Qualités thermiques
 - § II : Qualités d'utilisation
- Section II : Les principaux isolants
 - § I : Liège aggloméré
 - § II : Fibres de verre
 - § III : Verre cellulaire
 - § IV : Polystyrène expansé
 - § V : Styrofoam
 - § VI : Chlorure de polyvinyl = Klégécel
 - § VII : Mousse de polyuréthane, polyuréthane injectable
- Section III : Compléments d'isolation

CHAPITRE III - TECHNIQUES DE CONSTRUCTION

- Section I : Constructions traditionnelles
- Section II : Constructions auto-portantes
 - § I : Technique Klégéfrance
 - § II : Construction polyuréthane
- Section III : Constructions modulaires
- Section IV : Les ouvertures

CHAPITRE IV - QUALITE DE L'ISOLATION

- Section I : Appréciation quantitative
 - § I : Définition de K
 - § II : Signification de K
 - § III : Principe de calcul de K
 - § IV : Détermination de K par la méthode de chauffage
 - § V : Par la méthode de refroidissement
 - § VI : Résultats
- Section II : Appréciation qualitative
 - § I : Valeurs statistiques
 - § II : Calcul de $\frac{\lambda}{e} = K_0$
 - § III : Evaluation d'un K théorique
 - § IV : Variation de K avec l'âge
 - § V : Conformité au prototype

- PRODUCTION DE FROID

CHAPITRE I - PRINCIPES

- Section I : Changement d'état d'un corps pur
 - § I : La fusion
 - § II : La solidification
 - § III : L'ébullition
 - § IV : La condensation
 - § V : La sublimation
- Section II : Les sources de froid
 - § I : Par fusion
 - § II : Par sublimation

CHAPITRE II - LES REFRIGERANTS

- Section I : Engins réfrigérants
 - § I : A glace d'eau
 - § II : A carbo-glace
 - § III : A azote liquide

- § IV : A plaques eutectiques
 - 1 - les solutions eutectiques
 - 2 - les plaques eutectiques
 - 3 - le circuit frigorifique
- Section II : Efficacité des dispositifs de refroidissement
 - § I : Mesures officielles
 - § II : Evaluation de l'efficacité des réfrigérants
 - 1 - les réfrigérants sans plaque eutectique
 - 2 - les réfrigérants à plaques eutectiques

CHAPITRE III - LES FRIGORIFIQUES

- Section I : Les machines frigorifiques
 - § I : Principe
 - § II : Composants
 - 1 - les fluides frigorigènes
 - 2 - le détendeur
 - 3 - le compresseur
 - 4 - les échangeurs de chaleur
 - § III : Groupes frigorifiques pour les transports
- Section II : Efficacité des machines frigorifiques
 - § I : La puissance nominale
 - § II : Puissance utile de la machine
- Section III : Efficacité des véhicules frigorifiques
 - § I : Mesure en station d'essais
 - § II : Calcul de l'efficacité
 - 1 - Principe
 - 2 - Facteurs de correction
 - 3 - Evaluation de la classe de l'engin
 - 4 - Evaluation graphique
 - § III : Contrôle du groupe en marche
 - 1 - Fonctionnement normal du groupe
 - Anomalies

- PROCEDURES D'AGREMENT D'UN VEHICULE DE TRANSPORT SOUS TEMPERA-
TURE DIRIGEE

CHAPITRE I - LES SERVICES DE CONTROLE

- Section I : Rôle de la Direction des Services
Vétérinaires
- Section II : Commission d'experts

CHAPITRE II - CONSTITUTION D'UN DOSSIER

CHAPITRE III - PROCEDURE D'AGREMENT

- Section I : Etude sur dossier
- Section II : Visite du véhicule
- Section III : Vérification chez les constructeurs
- Section IV : Délivrance des agréments

- CONCLUSION

I N T R O D U C T I O N

Les transports sous température dirigée jouent un rôle économique important dans la chaîne du froid dont ils sont l'un des maillons les plus vulnérables. Ils valorisent les entrepôts frigorifiques en permettant l'éclatement de la distribution en des points plus ou moins éloignés.

Les premiers véhicules routiers sont apparus pour éviter une rupture de froid entre la gare ferroviaire et les entrepôts. Le rail assurait la plus grande partie des transports. L'essor des véhicules routiers fut lié à la découverte de nouveaux matériaux isolants, légers et résistants, permettant des nouvelles techniques de construction. La multiplicité de ces constructions, l'hétérogénéité des performances et une meilleure connaissance du froid ont conduit à la mise en place d'une réglementation imposant des caractéristiques minimales pour tous les engins de transport sous température dirigée.

L'arrêté du 10 Décembre 1952 définit des critères thermiques et recommande certaines températures de transport. L'arrêté interministériel du 1er Février 1974 reprend l'accord de la conférence internationale de GENEVE. Les caractéristiques des engins sont plus sévères, les mesures sont codifiées, les températures maximales de transport sont imposées. Des normes d'hygiène apparaissent pour la première fois.

Les premiers contrôles d'application permirent de constater que la qualité des engins était médiocre. De nombreux carrossiers durent abandonner leurs constructions non conformes. Les services de l'Équipement, alors responsables du contrôle, eurent à appliquer la réglementation avec rigueur et efficacité, contribuant ainsi à l'amélioration spectaculaire des performan-

ces. Actuellement la France est à la pointe du progrès pour ses techniques d'isolation et de construction. Le parc routier français totalise environ vingt mille camions dont dix sept mille de moyens et petits tonnages.

Le contrôle technique et sanitaire relève désormais des services vétérinaires du Ministère de l'Agriculture. C'est une charge considérable qui demande de la compétence car il s'agit, tout en maintenant une qualité exigée par la réglementation, d'encourager le progrès fait en ce domaine.

Le but de cette étude est de rassembler et d'exposer quelques notions techniques concernant les constructions des caisses et les dispositifs de froid des engins routiers de transport sous température dirigée.

TRANSPORT SOUS TEMPERATURE DIRIGEE

CHAPITRE I - LES VEHICULES

On peut distinguer quatre grands types d'engins sous température dirigée : les isothermes, les réfrigérants, les frigorifiques et les calorifiques.

- Section I : Les isothermes.

Ces constructions limitent les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur. Selon leurs performances, exprimées par le coefficient global de transmission thermique (coef. K), l'engin sera classé en :

- Isotherme normal (I N) pour $K \leq 0,6 \text{ kcal./h/m}^2^\circ \text{ C}$
- Isotherme renforcé (I R) pour $K \leq 0,35 \text{ kcal/h/m}^2^\circ \text{ C}$

- Section II + Les réfrigérants.

Ce sont des isothermes munis d'une source de froid qui ne se renouvelle pas, (glace hydrique, plaques eutectiques..) qui leur permet d'abaisser la température de l'enceinte au niveau voulu pour une température extérieure de plus de 30° et de l'y maintenir au moins douze heures. Selon les températures obtenues, trois classes sont définies :

- Classe A $0^\circ \leq T_i < + 7^\circ$
- Classe B $T_i \leq - 10^\circ$
- Classe C $T_i \leq - 20^\circ$

Les engins de classe B et C doivent être des isothermes renforcés.

- Section III : Les frigorifiques.

Ce sont des isothermes munis d'une source de froid qui se renouvelle en permanence. Des groupes frigorifiques leur permettent d'abaisser la température intérieure de l'enceinte et de la maintenir en permanence pendant douze heures pour une température extérieure de plus 30° . Il y a six classes de frigorifiques réparties en deux catégories : la première possède un équipement apte au réglage de la température

ns une certaine fourchette. La seconde ne permet d'obtenir
e des températures bien déterminées.

Classes	Température extérieure	1ère catégorie températures intérieures ré- glables de	2ème catégorie températures intérieures maximales
A	+ 30°	+ 12° à 0°	
B	+ 30 °	+ 12° à - 10°	
C	+ 30°	+ 12° à - 20°	
D	+ 30°		+ 2°
E	+ 30°		- 10°
F	+ 30°		- 20°

es classes D, E, F sont peu courantes, elles ont été prévues
our les conteneurs et wagons internationaux qui circulent
ans surveillance permanente.

- Section IV : Les calorifiques.

C'est un isotherme muni d'une source de chaleur. Il
loit maintenir une température intérieure de + 12° C au moins,
ar une température extérieure de - 10° pour la classe A et
le - 20° pour la classe B.

Les calorifiques sont destinés à préserver les den-
ées contre le gel dans les pays froids : l'arrêté de Février
974 est une reproduction du règlement international des
ransports des denrées périssables. En France un isotherme
uffit en général à empêcher les denrées d'atteindre la tempé-
ature de congélation commençante.

La source de chaleur est une résistance électrique
entilée. Il n'est pas prévu de source à accumulation.

Les calorifiques ne sont pas destinés au transport

des plats cuisinés à 65°, le système de chauffage serait insuffisant et l'isolant serait détérioré. Il n'y a donc pratiquement pas de véhicules calorifiques à contrôler. Le cas échéant, il suffirait de voir si la puissance électrique mise en oeuvre suffit à compenser les pertes à travers les parois, par un calcul identique à celui pratiqué pour les frigorifiques.

CHAPITRE II - LES DIFFERENTS MODES DE TRANSPORT

- Section I : Les wagons.

Les wagons furent les premiers véhicules de transport sous température dirigée. Dès 1920, la STEF implante son réseau de distribution ferroviaire. Les Constructions étant très solides, certains wagons très vieux sont encore en circulation. Les véhicules classiques mesurent de 11 mètres à 14 mètres de long et pèsent de 16 à 17 Tonnes avec une charge utile oscillant entre 15 et 21 Tonnes.

Les wagons à bogies (c'est-à-dire ayant quatre essieux) mesurent 20 mètres de long et assurent 40 à 50 Tonnes de charge utile. Aucun camion ne peut rivaliser, mais ces convois restent exceptionnels.

La plupart de ces wagons sont isothermes ou réfrigérants.

- § I - Les wagons isothermes -

Ils sont très soignés, construits avec du klégécell ou du polyuréthane, ils ont un coefficient K de 0,24 à 0,26.

Ils sont destinés aux transports de denrées peu périssables ou aux transports des congelés. Dans ce cas, les marchandises sont recouvertes de carbo-glace en quantité suffisante pour le transport envisagé. Les portes sont plombées au départ.

type de véhicule	Wagons à deux essieux				Wagons à quatre essieux	
	réfrigérant	Réfrigérant à ventilation électrique			Réfrigérant	Frigorifique
	éolien	UIC/ORE	FRANGECO CADOU	Frigorifique FRANGECO		
Charge utile	16 - 17 T.	15 - 16 T.	16 T.	16 - 17 T.	27 - 28 T.	27 - 28 T.
Longueur	21 T.	21 T.	21 T.	21 T.	52 T.	52 T.
	10 M.	11 M.	12 - 14 M.	14 M.	20 M.	20 M.
Volume	40 m3	46 m3	50 m3	63 m3	80 m3	87 m3
Source de froid	2 bacs à glace = 4,5 T.	d° = 6,4 T.	d° = 7,5 T.	groupe frigo avec moteur électrique	2 bacs à glace = 12 T.	groupe frigo
Plancher	Liège 100 mm	mousse caoutchouc 100 mm	polyester polyuréthane 120 mm	Idem	polyester polyuréthane 130mm	Idem
Pavillon	Bois Isover 130 mm	tôle zinguée Isover 100 mm	Polyester polyuréthane 100 mm	Idem	polyester polyuréthane 120 mm	Idem
Parois	Bois Isover 100 mm	tôle zinguée Isover 100 mm	polyester polyuréthane 80 - 100 mm	Idem	polyester polyuréthane 135 mm	Idem
Coef. k	0,60	0,35	0,24	0,23	0,23	0,23

- § II - Les wagons réfrigérants -

Ils assurent tous les transports de **classe A**.

A chaque extrémité du wagon sont prévus des bacs à glace remplis au niveau du pavillon par un accès extérieur. La Glace hydrique y est acheminée par des rampes hélicoïdales. Les deux compartiments peuvent contenir 4,5 à 5 Tonnes de glace selon le véhicule. Le poids de la glace est soustrait de la charge utile. La ventilation dans les wagons anciens est assurée par des ventilateurs éoliens. Le procédé efficace lorsque le train se déplace, très aléatoire lors d'arrêt prolongé.

Ces wagons dits éoliens sont construits en bois avec comme isolant 120 mm de laine de verre et un plancher de liège de 100 mm.

Les wagons actuels possèdent un système de ventilation électrique. On distingue les caisses métalliques et plastiques.

Les caisses métalliques sont entôle zinguée avec âme de laine de verre. Bien que n'ayant qu'un K médiocre ces wagons sont préférés par la clientèle aux caisses plastiques. Ces dernières bénéficient des techniques d'isolation les plus modernes, elles sont en polyuréthane de 100 mm monté en sandwich entre deux lames de polyester armé. Le coefficient K est meilleur et permettrait de limiter le poids mort que représente la glace. Le chargement des wagons se faisant par palettes et sous la responsabilité du client, seule la fragilité apparente des caisses plastiques peut expliquer la réticence des clients.

Les wagons à bogies sont réalisés uniquement en polyester/polyuréthane. Ils peuvent contenir 12 Tonnes de glace et leur coefficient K est de l'ordre de 0 23.

- § III - Les wagons frigorifiques -

Ils sont assez rares. Les nombreuses tentatives de la S.T.E.F. ont été décevantes : un groupe frigorifique exige une surveillance permanente ne pouvant être assurée actuellement. Les transports ferroviaires sous température dirigée, grâce à leur rapidité et leur sécurité, sont au service du commerce avec des pays très éloignés : seuls de longs parccurs permettent l'amortissement de frais très importants.

Pour le commerce intérieur, le rail manque de souplesse. Par exemple, la viande représente un faible pourcentage du tonnage ferroviaire.

- Section II : Les Camions.

Le parc français de camions présente toute une gamme d'engins légers et solides. Les charges utiles sont de plus en plus intéressantes.

Les plus gros sont des semi-remorques de 35 à 38 Tonnes pour une charge utile de 20 à 22 Tonnes. Leur longueur est limitée par le code de la route à 15 mètres, leur largeur à 2,5 mètres, la hauteur est imposée par celle des ponts et tunnels à 4 mètres environ.

Les gros porteurs à cabine et plateau solidaires vont de 13 à 26 Tonnes pour une charge utile de 15 à 18 Tonnes. Il est possible d'y adjoindre une remorque, mais l'ensemble ne doit pas dépasser 38 Tonnes de charge totale et 18 mètres de long.

Les petits camions pèsent 12 Tonnes pour une charge utile de 6 Tonnes environ.

Les engins de distribution sont les plus nombreux et les plus variés. Leurs charges utiles s'étendent de 1 Tonne (camionnette pour crème glacée) à 6 Tonnes.

En dehors de ces engins de série, on trouve quelquefois des voitures particulières carrossées par un frigoriste dont le volume est à la limite de la réglementation : au dessous de 2 m³ le véhicule est considéré comme petit conteneur, sa charge maximale ne devant pas dépasser alors 200 Kgs. Malgré cette tolérance, l'utilisateur peut toujours demander un agrément technique pour satisfaction personnelle.

Cette diversité du parc automobile permet toutes relations nationales et internationales.

Pourtant les précautions exigées par le code de la route et la prévention routière (temps d'arrêt fréquents, ½ heure toutes les 4 heures, et travail hebdomadaire limité) freinent parfois le rayon d'action des engins routiers.

Des solutions de transports mixtes rail-route ont été envisagées :

- Par exemple, un camion qui serait chargé par rail : mais le poids mort considérable diminue la rentabilité, le wagon devrait être spécialement étudié et agréé par la S.N.C.F. (chassis surbaissé à cause des roues de la caisse).

- Certains ont imaginé inversement de transporter le wagon sur un camion spécialement aménagé. Avec 16 Tonnes de poids mort et 20 Tonnes de marchandises, il est peu probable que l'on arrive à respecter les 38 Tonnes maximales autorisées. Il existe un ou deux véhicules de ce type en France.

- Il est possible également de construire des remorques isothermes étudiées pour n'importe quel type de plateau de wagon. Les établissements Klégéfrance construisent de telles remorques (kangourou), elles sont très basses sur roues, leur toiture est profilée un peu comme celle des wagons.

- Section III : Les conteneurs.

L'enceinte mobile semble adaptée à toutes les possibilités. Les caisses des camions sont pour la plupart démontables mais le transfert à un autre châssis peut demander une demi-journée. Cette manoeuvre est simplifiée avec les conteneurs par différents procédés.

Les plus courants ont un fond plat avec un léger châssis de protection et des renforts pour l'arrimage sur un plateau de camion ou de wagon ainsi que pour le levage par grue.

L'équipement de levage est indispensable, le transfert par glissement sur rails à l'aide de vérins hydrauliques est également possible. Le conteneur doit être robuste pour ne pas être détérioré par toutes les manoeuvres.

Il existe des conteneurs munis de béquilles à hauteur variables. Ils permettent un meilleur amortissement du camion qui peut déposer la caisse et retourner avec n'importe quel fret, utilisant à lein temps l'engin et son chauffeur. Le fond du conteneur est muni d'un châssis-glissière qui peut se verrouiller sur le châssis du camion.

- Section IV : Les conteneurs ISO.

Ils ont été imaginés pour les transports mixtes mer - rail - route. Construits selon des normes internationales, ils doivent satisfaire à des exigences thermiques et subir avec succès des essais de résistance à la flexion et à l'écrasement. En mer, ces conteneurs sont empilés dans la cale du navire, les manoeuvres de chargement sont rapides et parfois brutales. La source de froid la plus pratique est un groupe mixte (secteur essence) : à quai et dans le navire il fonctionne sur secteur, sur route il peut fonctionner grâce au moteur à explosion.

En principe, le conteneur est chargé définitivement dans son pays d'origine. Les portes sont fermées et plombées, le destinataire devrait être unique.

Ce type d'équipement est une solution idéale pour maintenir le froid sans rupture dans les échanges internationaux. En France, il n'existe qu'une dizaine de conteneurs ISO. Ces engins, très lourds, nécessitent un équipement des ports, des gares routières et ferroviaires. Leur prix n'est pas compétitif, la généralisation de leur emploi demanderait un effort d'équipement qui ne se justifie pas actuellement.

- Section V : Les citernes.

Les citernes sont destinées au transport de lait, autorisé toute l'année et sur toutes distances. Le lait étant en contact permanent avec les parois, l'aspect hygiénique de ces engins est à surveiller tout particulièrement.

Les parois internes doivent être lisses, même au niveau des soudures, en matériaux inaltérables, faciles à nettoyer et à désinfecter et de qualité alimentaire. L'acier inox est le seul matériau répondant à tous ces critères.

Les protections contre les contaminations externes doivent être très soignées. Les bords des trous d'homme doivent être ourlés pour prévenir la chute de souillures quand on soulève le couvercle. Le couvercle doit être lui-même protégé par un capot isotherme ou non. Toutes les vannes de distribution doivent être protégées par un capuchon. La séparation entre la partie moteur, pompe et les parties distribution, sera très nette.

Le coefficient d'isothermie devra être suffisant au moins $0,6 \text{ Kcal/h/m}^2$.

L'isolant le plus employé est le polyuréthane injectable. Malgré la qualité de l'injection et des épaisseurs res-

pectables, le coefficient K n'est en général jamais très bon (par rapport à des caisses utilisant les mêmes épaisseurs du même isolant).

On limite les pertes en réduisant les surfaces de contact. La recherche d'un rapport optimum volume/surface est limitée par des exigences techniques : résistance, largeur, hauteur et longueur maximales. Pour éviter le brassage de liquide dû à la convection interne, l'intérieur de laci-terne est muni de coupe-courants. Un remplissage aussi complet que possible évite également de trop grands mouvements de liquide.

De plus il assure un volant thermique appréciable.

La plupart des citernes sont de type auto-portantes. Le revêtement intérieur est en inox, l'extérieur en polyester stratifié. Les ceintures métalliques de part en part évitent l'échauffement par effet électrostatique.

	Capacité	Surf. Inter.	$\frac{\text{VOL.}}{\text{surf.}}$	Forme	Isolant	$\frac{\lambda}{e}$	$\frac{Z}{e}$
MAGYAR T 810	10.000 Litres 2 compartiments	26,89	372	ell ptique	polyuréthane 60 mm	0,36	0,57
CODER CITANNOX	25.300 Litres 4 compartiments	58,03	430	cylindriq.	polyuréthane 110 mm	0,22	0,36
CODER SP 250	21.500 Litres	58,7	366	cylindriq.	polyuréthane 90 mm	0,24	0,40
MAGYAR SRP 2M	24.830 Litres	62,10	400	elliptique	polyuréthane	0,22	0,39

Caractéristiques des principaux types de citernes.

- Section VI : Les voitures boutiques.

Les voitures boutiques sont des véhicules utilisés pour le transport, la mise en vente et l'exposition par des commerçants non sédentaires. Les marchands ambulants et forains s'équipent de plus en plus avec ce type de véhicules qui simplifient leur travail et présentent un attrait commercial indéniable.

Le véhicule comprend trois parties plus ou moins distinctes : la cabine du chauffeur avec le capot moteur, les étals et vitrines d'exposition et une partie réservée au stockage.

Une voiture boutique destinée aux denrées périssables doit satisfaire à plusieurs exigences d'hygiène et de salubrité :

- Prescriptions relatives à l'exposition et la mise en vente des denrées d'origine animales.

On exige notamment des vitrines d'exposition et des températures maximales d'exposition. Certaines vitrines sont donc réfrigérées (viandes, charcuterie et produits laitiers).

- Prescriptions relatives au stockage à la température réglementaire.

- Prescriptions relatives aux transports :

Les voitures boutiques doivent être construites et agencées selon les dispositions de l'article 6 de l'arrêté du 1er Février 1974. En particulier la cabine du chauffeur doit être séparée de la partie exposition et transport.

Dans ces voitures doivent être également prévus des compartiments de capacité suffisante pour assurer le stockage

sous régime du froid. Enfin toutes les températures des denrées transportées doivent être respectées.

L'isolation du véhicule est faible dans la plupart des cas. La réserve réfrigérée bénéficie de très belles portes épaisses, mais l'ensemble du compartiment n'est pas contrôlable ; 30 mm de polyuréthane ou de klegecell constitueraient cependant une bonne enceinte. Les plaques eutectiques sont posées selon la place disponible ou selon des données empiriques. Les vitrines d'exposition sont en principe réfrigérées : là encore la disposition des plaques eutectiques répondent le plus souvent à des impératifs géométriques. Les vitrines sont la plupart du temps "à ciel ouvert" : les pertes par convection et la mauvaise conduction des plaques vers les denrées ne laissent aucune illusion sur la valeur de l'équipement. En été, les plaques doivent être efficaces au plus deux heures. Mais le plus grave reste, sans aucun doute, l'inefficacité de la réserve réfrigérée. Certains constructeurs se sont spécialisés dans l'équipement en froid de ces voitures-boutiques. Les plaques sont alors mieux installées, l'isolation existe, les vitrines sont munies d'un couvercle de fermeture. Mais l'efficacité ne peut se contrôler que par l'usage du véhicule. Il n'existe pas de contrôle technique des voitures-boutiques, tout au plus les compartiments de stockage pourraient être considérés comme "petits conteneurs", leur volume est souvent inférieur à 2 m³ et ils échappent ainsi à la réglementation. D'autre part, les usagers étant tenus de respecter les températures de transport et d'exposition, on peut supposer que les engins qu'ils paient si chers sont capables de les satisfaire.

Les voitures-boutiques constituent l'outil le plus rationnel et le plus hygiénique pour la vente ambulante. Il faut encore encourager l'effort d'équipement des forains. Il serait utile de normaliser la partie froide des véhicules pour protéger les acheteurs contre une concurrence déloyale.

CHAPITRE III - UTILISATION DES VEHICULES

- Section I : Action du froid.

Des notions élémentaires de l'activité physico-chimique du froid permettront d'aborder en toute connaissance de cause l'utilisation des engins de transport sous température dirigée.

- § I - Action sur les micro-organismes :

Le froid diminue la vitesse des réactions chimiques, et en conséquence l'activité enzymatique et microbienne.

Le froid ne fait que stabiliser les denrées, son rôle stérilisant est très faible. Son application devra donc être précoce et continue, sur des produits sains à l'origine.

- § II - Perte en eau des denrées :

Le froid déshydrate les denrées par le phénomène de "la paroi froide".

La teneur en vapeur d'eau de l'air dépend de la température. Près de la source de froid, la vapeur d'eau se condense et givre ; dans l'enceinte, la température de l'air remonte et l'eau des denrées s'évapore pour le saturer de vapeur.

Ainsi l'eau migre des denrées vers la source de froid. La déshydratation s'accompagne de modifications de structure et de couleur superficielles.

Le phénomène dépend du gradient de température entre la source de froid et les denrées. Il sera limité par une source de froid très puissante, une ventilation appropriée assurant une bonne répartition de l'air, donc un abaissement rapide de la température des denrées. Ceci n'étant pas réalisable dans un véhicule, les denrées devront être amenées à leur température de conservation avant chargement.

- § III - Modification de structure :

Quand on abaisse progressivement la température d'un tissu cellulaire, l'eau cristallise d'abord dans le milieu le moins concentré en colloïdes donc dans les espaces extra-cellulaires. Au fur et à mesure de cette cristallisation, la concentration de ces espaces devient de plus en plus forte : il y a alors migration de l'eau du milieu intra-cellulaire vers les espaces extra-cellulaires.

Cette déshydratation intra-cellulaire s'accompagne de modifications de structure souvent irréversibles.

A cette action osmotique s'ajoute l'action mécanique des cristaux de glace, plus l'abaissement de la température est lent, plus ils seront gros, plus ils provoqueront des lésions des membranes cellulaires voire des modifications de texture des tissus.

A la décongélation, apparaîtront des exsudats abondants et des modifications organo-leptiques.

Avec une congélation rapide, les cristaux de glace seront plus petits et les migrations osmotiques limitées.

- § IV - Conséquences :

L'application du froid fait appel à des techniques particulières, l'engin de transport sous température dirigée se limite à maintenir la température et l'état initial des denrées.

- Section II : Choix d'un véhicule de transport.

Ce choix s'effectue en fonction de la nature des marchandises et des distances à parcourir.

- § I - Aménagement intérieur :

Les étagères, les crochets à viande doivent être montés à l'origine par le carrossier, le prototype de référence étant pourvu des infrastructures permettant leur fixation.

- § II - Autonomie :

Un isotherme et un réfrigérant suffisent pour les petites distances. On évalue à 80 Km le rayon d'action d'un isotherme, et l'efficacité théorique d'un réfrigérant est de douze heures. Au-delà, l'engin doit être frigorifique.

- § III - Classes d'engins :

.La classe C permet tous les transports : denrées fraîches, congelés, surgelés, glaces et crèmes glacées.

.La classe B permet tous les transports sauf les surgelés.

.La classe A permet le transport des denrées réfrigérées sur toutes distances.

Remarque : Un engin isotherme peut transporter des denrées fraîches sur toutes distances pendant l'hiver (1er Novembre - 31 Mars) et sur 80 Km en dehors de cette période. Un isotherme renforcé peut transporter des congelés tels que viandes, ovo produits, et abats sur 100 Km.

Un engin sans isolation, dans un rayon de 80 Km, sans rupture de charge, a à peu près les mêmes droits qu'un isotherme. En fait la réglementation impose surtout des températures de transport. Un engin non isolé pourrait difficilement respecter ces températures.

Certains petits transporteurs utilisent des isothermes voire des frigorifiques déclassés ou périmés donc non

lation de l'air.

- § IV - Contrôle des températures :

Le contrôle peut être fait soit par l'administration soit par les parties intéressées.

Le transporteur doit vérifier l'état de la marchandise et sa température avant le chargement. Ensuite sa responsabilité est engagée. Le réceptionnaire vérifie le respect des températures à l'arrivée. L'administration peut, à tous moments, vérifier ces températures ou être appelée pour expertises.

La mesure se fait dans l'entrepôt ou dans la caisse du véhicule, en évitant des manipulations.

La température se mesure au coeur des denrées en plusieurs points. L'écart maximum toléré est de l'ordre de trois degrés. L'emploi d'un thermomètre à mercure n'est pas pratique, le thermo-couple muni d'une sonde permet une lecture rapide et à distance. La manipulation de l'appareil demande un minimum de précautions.

Les mesures au départ et à l'arrivée ne permettent pas de juger du sort de la cargaison pendant le transport. Il serait intéressant d'imposer des thermographes enregistreurs ou des indicateurs colorés variant aux températures. Enfin une inspection sommaire des denrées peut permettre de déceler des anomalies : exsudats, givre, ruissellement. Une lettre de voiture ou un document quelconque doit indiquer la nature et l'état des denrées (congelés, surgelés, réfrigérés) . Les marchandises doivent arriver conformes à cet ordre de voiture.

L ' I S O L A T I O N

La chaleur se transmet d'un corps chaud vers un corps froid ; dans une enceinte à basse température, la chaleur a tendance à entrer jusqu'à ce que les températures internes et externes soient égales.

Pour maintenir les basses températures, il existe deux méthodes :

- Eliminer ou absorber cette chaleur, c'est la réfrigération au sens large.

- S'opposer aux entrées de chaleur, c'est l'isolation.

L'isolation est le principe de base de la construction de tous les véhicules sous température dirigée.

CHAPITRE I - LES ECHANGES DE CHALEUR - REGLES DE L'ISOLATION

Les échanges de chaleur à travers une paroi plane se font de trois façons : convection, conduction et rayonnement.

La convection est le transport de chaleur dû au mouvement des fluides (gaz, liquide).

Elle est naturelle ou forcée (ventilation). Pour s'opposer à la convection, il faut assurer l'étanchéité de l'isolant et de son assemblage.

La conduction est le transport de chaleur par contact intermoléculaire, chaque matériau possède un coefficient

de conductibilité λ .

La quantité de chaleur traversant une paroi par conduction est :

$$Q = \frac{\lambda}{e} \cdot S \cdot (T_i - T_e) t \quad \text{avec}$$

Q : quantité de chaleur
e : épaisseur des parois
S : surface considérée
T_i : Température interne
T_e : Température externe
t : Temps

Cette quantité de chaleur sera donc limitée si λ est petit (isolant) et e grand.

Quant au rayonnement, l'énergie solaire émise sous forme de rayonnements visibles et invisibles est absorbée de façons variables selon la couleur de la surface exposée. Le noir mat absorbe beaucoup de chaleur, le blanc brillant réfléchit les rayonnements : c'est la couleur de la plupart des véhicules.

CHAPITRE II - LES ISOLANTS

- Section I : Principes.

Lesqualités d'un bon isolant sont une bonne étanchéité et un coefficient de conductibilité faible. De bonnes qualités mécaniques sont, en outre, indispensables pour des constructions solides.

- § I - Qualité thermique :

Le coefficient de conductibilité λ de l'air est très faible. Le premier principe de l'isolation est donc d'enfermer de l'air entre deux parois.

Mais les mouvements de convection du gaz entre ces

parois permettent le passage de chaleur. Il faut donc emprisonner l'air dans un minimum de substance solide. C'est ce que l'on obtient avec des matériaux à structure fibreuse, pulvérulente ou cellulaire (mousse). On améliore encore l'isolant en remplaçant l'air par un gaz à λ plus faible (Fréons, CO₂).

- L'étanchéité : L'entrée de chaleur dans une enceinte à basse température a pour support l'air chargé en vapeur d'eau. En franchissant la paroi, l'air se refroidit peu à peu et la vapeur se condense dans l'isolant puis dans l'enceinte, le coefficient de conductibilité augmente. L'isolant doit être étanche à l'eau et à la vapeur d'eau.

- § II - Qualités d'utilisation :

- Les isolants doivent être résistants aux chocs et aux vibrations (roulement et chargement). Cette résistance permet de limiter l'ossature de la caisse.

- Une densité faible permet de limiter le poids mort.

- De la stabilité, dépendent les modifications dues au vieillissement et aux variations de température (dilatation rétraction), qui abaissent les qualités d'origine.

- La résistance au feu repose sur l'incombustibilité (fibre de verre) ou l'ininflammabilité, l'isolant thermosensible se modifiant sans prendre feu (Klegecel).

Certains isolants sont combustibles, d'autres auto-extinguibles s'enflammant sans entretenir de flamme (certains polystyrènes).

- Section II :-Les principaux isolants.

Les isolants utilisés dans la construction des véhi-

cules routiers sont multiples et variés.

- § I - Liège aggloméré :

Le liège, issu des déchets de bouchonnerie, est broyé en granulés, puis expansé et aggloméré par la vapeur surchauffée, avec parfois addition d'un agent liant.

Caractéristiques :- $\lambda = 0,035$, élevé, dépend de la qualité.
- densité = 100 Kg/m³, matériau très lourd.
- résistance très bonne, combustibilité très faible et étanchéité médiocre réclamant une protection.

Le liège est un isolant médiocre, trop lourd et bio-dégradable.

- § II - Fibres de verre :

L'obtention de fibres à partir de verre se fait par fusion et centrifugation selon divers procédés. La meilleure qualité est obtenue en réduisant le diamètre des fibres et en évitant les noeuds sur celles-ci, afin d'éviter les points de contact aux entrecroisements et réduire l'inertie.

Caractéristiques : - $\lambda = 0,035$, médiocre.
- Perméabilité très grande, nécessitant un revêtement protecteur.

Cet isolant est d'une totale ignifugité, sa dilatation linéaire est faible et sa production est facile et peu onéreuse. Par contre sa résistance mécanique est nulle et provoque à la longue un tassement dans la double ossature de la caisse.

L'utilisation actuelle des fibres de verre se limite à la fabrication des panneaux de revêtement en résines. Les fibres sont incluses soit en vrac, soit tressées. Les panneaux obtenus sont imperméables, souples mais résistants, facilement réparables.

- § III - Verre cellulaire ou mousse de verre

On réalise la fusion à 1000° d'un mélange de verre broyé, de carbone et d'un fondant. L'expansion de la pâte est produite par l'oxydation du carbone qui dégage des bulles de gaz carbonique.

Le matériau obtenu est parfaitement étanche, tout à fait incombustible, stable jusqu'à 400° et de qualité mécanique excellente.

Ses défauts sont importants : il est trop lourd, $d = 12 \text{ m}^3$, son assemblage est peu commode et son λ trop élevé $= 0,04$.

- § IV - Polystyrène expansé :

Matériau issu de la pétrochimie, c'est un polymère aromatique de styrène. Avec du polystyrène et un gaz extenseur (pentane), on obtient des petites perles blanches. La matière première est expansée à la vapeur ($\times 50$) puis quand les granulés ont acquis leur stabilité dimensionnelle, le polystyrène étant thermo-plastique on procède à l'agglomération et au moulage. Ces opérations se font par compression et courant d'air chaud.

Les variations de qualité sont dues aux phases d'agglomération et de moulage. Il existe des variétés auto-extinguibles, l'agent extenseur étant alors autre que le pentane (CO_2 , H_2S).

De $\lambda = 0,03$ à $0,027$, le polystyrène expansé est un matériau peu stable, thermo-sensible, peu résistant, non homogène et friable, ayant tendance à s'humidifier.

Sa densité est de $10 \text{ Kg} / \text{M}^3$ à $2 \text{ Kg} / \text{m}^3$, il demande une ossature solide. Son prix est très bas.

- § V - Styrofoam : polystyrène extrudé

Il a la même origine et les mêmes composants que le polystyrène expansé.

L'extrusion est la fusion de polystyrène avec l'injection d'un gaz sec et d'un produit ignifuge (bleu). La pâte est introduite dans l'extrudeuse où l'expansion a lieu. La mousse est ensuite durcie.

Le styrofoam, de structure cellulaire, est utilisé en panneaux sandwich pour les caisses auto-portantes. Couvert par un brevet américain, il est fabriqué en Belgique et en Hollande mais peu utilisé en France.

Sa résistance mécanique est très bonne (1kg/cm^3), et son λ est le meilleur = 0,028.

C'est un matériau non inflammable et auto-extinguible, peu perméable.

Il a une densité de 30 kg/m^3 et il est très thermosensible et se rétracte sous les ultra-violets.

- § VI - Chlorure de polyvinyl : le Klegecel

C'est un brevet appartenant à la société de Kleber-Colombes. Il n'est délivré qu'à des carrossiers choisis pour en assurer la qualité : c'est le groupe Klegefrance.

Isolant à structure cellulaire, parfaitement étanche, il se débite et se travaille comme du bois, permet un assemblage facile. De plus il est façonnable à la chaleur.

Son prix est très élevé mais son très bon λ (= 0,025) permet de diminuer l'épaisseur. Il a une grande résistance mécanique qui permet de construire des caisses sans

armature grâce au système des panneaux sandwich : alu/Klegecel/
alu. d'une résistance de 1,5 à 4 kg/cm². Sa densité est de 33 à
75 kg/m³ pour un même λ .

Variétés :

Densité	Résistance	Couleur
33	2,5	Saumon
40	3,5	Gris
55	5,5	Tan
75	7	Brique
100	9	Brique

- § VII - Mousse de polyuréthane, polyuréthane
injectable

C'est le résultat de l'expansion au fréon R 11
d'un mélange de résines (isocyanate + polyol + catalyseur)
qui se polymérise. L'expansion est de l'ordre de trente à qua-
rante.

Le procédé est très délicat et la qualité du pro-
duit fini varie selon l'expansion et la texture. La fabrica-
tion se fait en continu pour un produit fini de qualité cons-
tante. L'expansion a lieu "in situ" entre deux panneaux de po-
lyester armé, dans des moules résistants aux pressions consi-
dérables de l'opération.

Le mélange est dosé dans un pistolet injecteur ;
du dosage dépendra la densité et l'homogénéité du produit
fini.

Le polyuréthane est peu onéreux, d'emploi facile
et de production aisée. Il a une stabilité dans le temps moyen-
ne, une étanchéité correcte. Sa résistance mécanique médiocre
nécessite une ossature (0,3 à 1 kg/cm²) ; certaines caisses
demeurent fragiles surtout aux angles de raccordement plancher/
parois latérales. Le polyuréthane brûle et entretient la flamme
tout en dégageant des gaz toxiques (acide cyanhydrique, HCL...) .
Certaines variétés sont auto-extinguibles.

Il existe cinq classes de polyuréthane préfabriqué, selon la densité (expansion).

Ces densités sont 33 kg/m³ ; 40 kg/m³ ; 50 kg/m³ ; 60 kg/m³ ; 70 kg/m³.

Le λ est différent pour chaque densité. Il varie avec le temps au fur et à mesure que le fréon diffuse à travers les cellules. Le λ moyen est de 0,018 à 0,023.

Contrairement à celui des autres isolants, le λ du polyuréthane augmente quand la température diminue.

En effet vers 6° C, le fréon est liquide et la structure de l'isolant s'en trouve modifiée. Cependant sa qualité demeure excellente.

Aux températures d'essais (+ 30° C), le polyuréthane est meilleur isolant que le Klegecel.

- Section III : Compléments d'isolation.

Des revêtements internes et externes protègent l'isolant contre les intempéries et les chocs. Ils doivent être imperméables et résistants pour une épaisseur minimale.

- Acier inoxydable : il est surtout utilisé pour les citernes comme revêtement intérieur et parfois extérieur. Sa qualité est exceptionnelle mais il est cher.

- Aluminium compressé, duralumin : ils entrent dans la fabrication des panneaux sandwich. Résistants mais peu élastiques, ils se déforment de façon irréversible sous les chocs.

- Panneaux de polyester stratifié : il s'agit de ré-

sines polymérisables coulées sur fibres de verre ou tissu de verre. Moins résistants que l'aluminium, ils sont souples et indéformables. Leur emploi facile permet de réaliser toutes sortes de moulage.

CHAPITRE III - TECHNIQUES DE CONSTRUCTION

Une enceinte isotherme pour véhicule routier doit être robuste, légère, présenter le maximum de volume utile et ces qualités doivent être compatibles avec un bon coefficient d'isothermie.

Les premières constructions étaient lourdes et peu efficaces. Les isolants comme la laine de verre, l'alfol (feuille d'aluminium gondolée), sans résistance mécanique, nécessitaient une double ossature. Les constructeurs ont essayé d'alléger les caisses en étudiant différentes conceptions d'ossature portante. L'apparition de nouveaux matériaux (polyuréthane, Klegecel, résines polymérisables) a complètement modifié les techniques. Actuellement, il existe trois grands types de construction :

- construction traditionnelle qui utilise le polyuréthane sur une ossature de bois.

- Construction moderne auto-portante et sans ossature.

- Construction modulaire par assemblage de multiples panneaux élémentaires construits en grande série.

- Section I + Constructions traditionnelles.

Certains constructeurs restent fidèles à une ossature en bois ; les panneaux (plancher, paroi ou plafond) sont assemblés d'une seule pièce.

Les blocs de polyuréthane sont renforcés par des chevrons en bois. Le tout est supporté par le plancher, les poutres de la toiture reposant sur les chevrons des parois latérales.

Le bois est un isolant médiocre, il s'humidifie, devient lourd ; de plus le collage bois-polyuréthane laisse parfois un espace vide où se produit une convection interne.

Parois latérales : Ce sont des sandwichs polyester armé/polyuréthane/polyester armé, renforcés par des chevrons également. Si des étagères sont prévues, elles sont fixées directement dans le bois ou sur des "inserts" en acier.

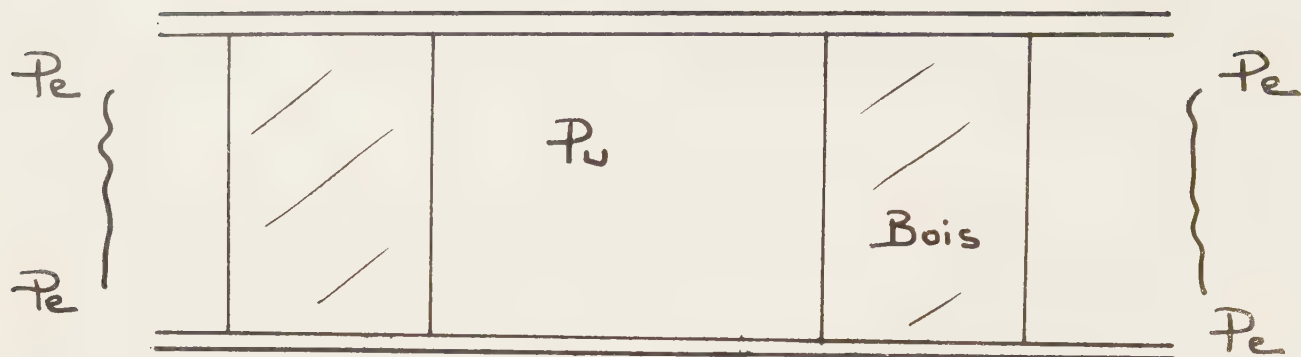
Toiture : Elle supporte parfois les barres à viande ; elle est alors renforcée par des lames d'acier ou des épaisseurs de résines armées de fibres de verre tressées. Les résines supportent bien les charges, sont surtout très souples. L'acier est très solide mais casse net.

Plancher : Il supporte la résultante de toutes les forces : charges de la caisse et impulsions de la route.

Il est plus épais que les parois même dans des constructions très audacieuses où sa conception reste classique. Le polyuréthane est renforcé de fortes poutres de bois. La répartition des charges est assurée par un fort contre-plaqué, l'imperméabilité par un film de polyester et fibres de verre.

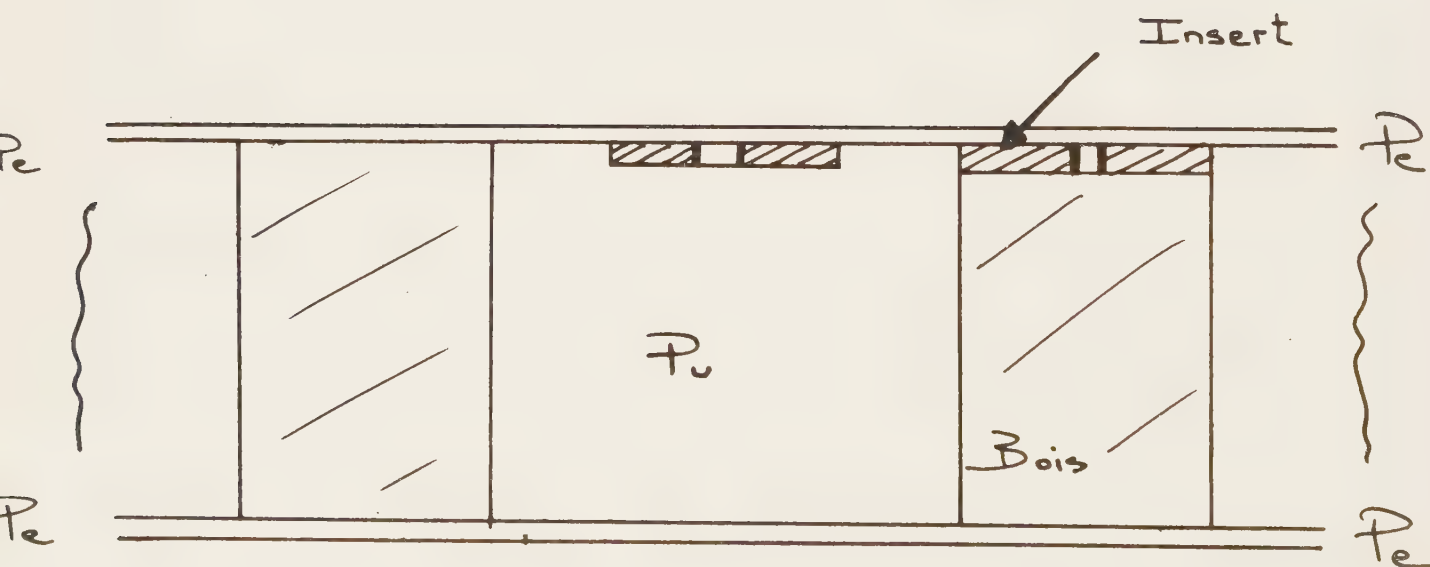
Assemblage des panneaux : L'assemblage de deux parois se fait par collage et emboutissage de feuillures. Ce collage, grâce à des renforts de polyester, détermine la rigidité de la caisse.

Les angles de raccordement sont les points faibles de la caisse, les ruptures les plus fréquentes s'observent au niveau de l'angle parois-plancher. Les angles doivent être renforcés de fibres de verre. Une ceinture de polyester ou d'aluminium les recouvre.

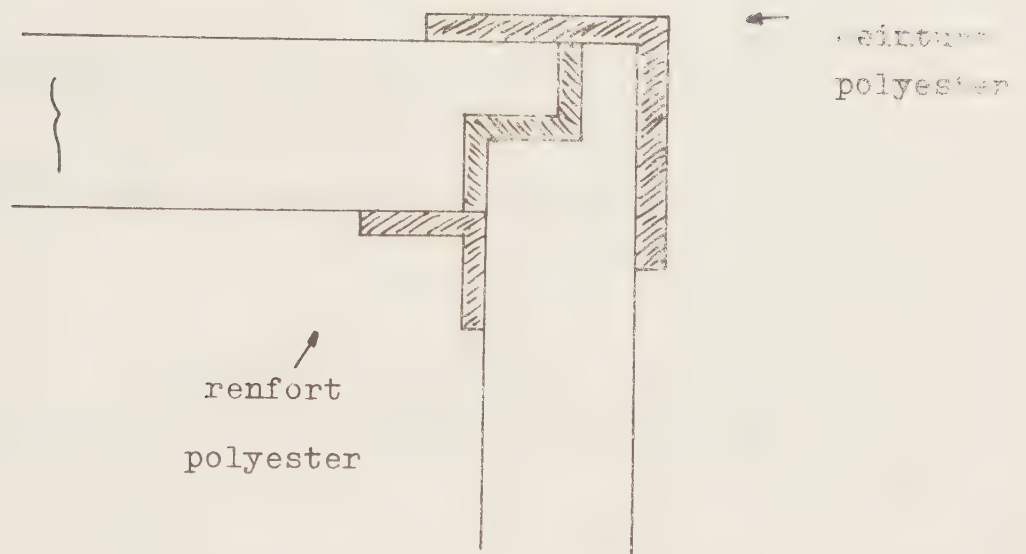


P_u = POLYURETHANE

P_e = POLYESTER ARME

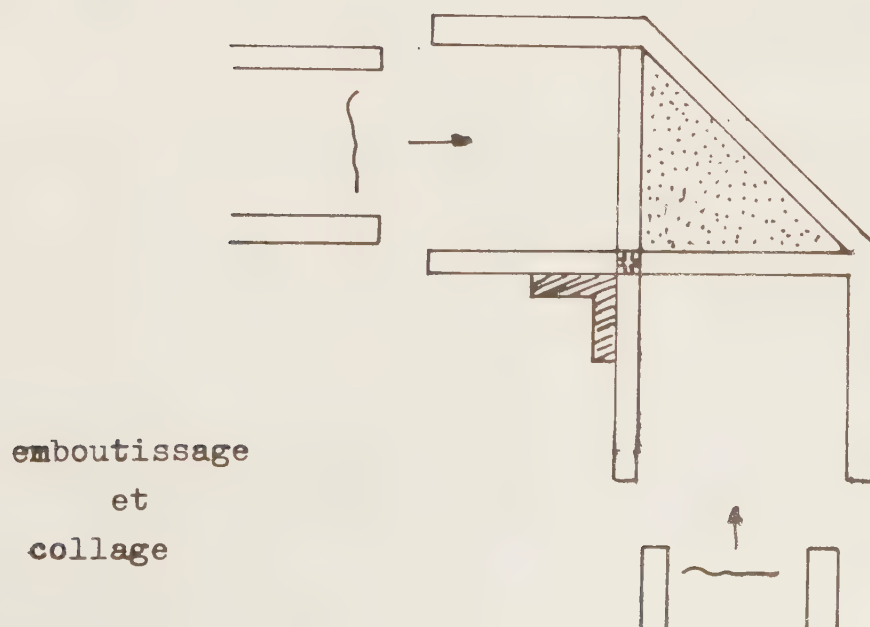


PANNEAUX DE CONSTRUCTION CLASSIQUE.



COLLAGE SUR FEUILLURE

ASSEMBLAGE DES PANNEAUX DE CONSTRUCTION CLASSIQUE.



- Section II : Constructions auto-portantes.

Les éléments de la caisse (toit, parois et plancher) sont construits d'un seul tenant. L'isolant et le complément d'isolation constitue un ensemble très résistant. Les isolants employés sont le Klegecel ou le polyuréthane.

- § I - Technique Klegefrance :

Les blocs de Klegecel sont collés entre deux lames de Duralinox. On adopte également l'acier inox pour le revêtement intérieur. Le collage des différents éléments est effectué sur de grands marbres recouverts d'une lame de caoutchouc ; en faisant le vide, cette lame fait office de presse.

Les raccords entre plaques de duralinox sont réalisés sur une baguette d'aluminium sertie et collée. Les défauts de raccords doivent être comblés par du mastic (exigences sanitaires).

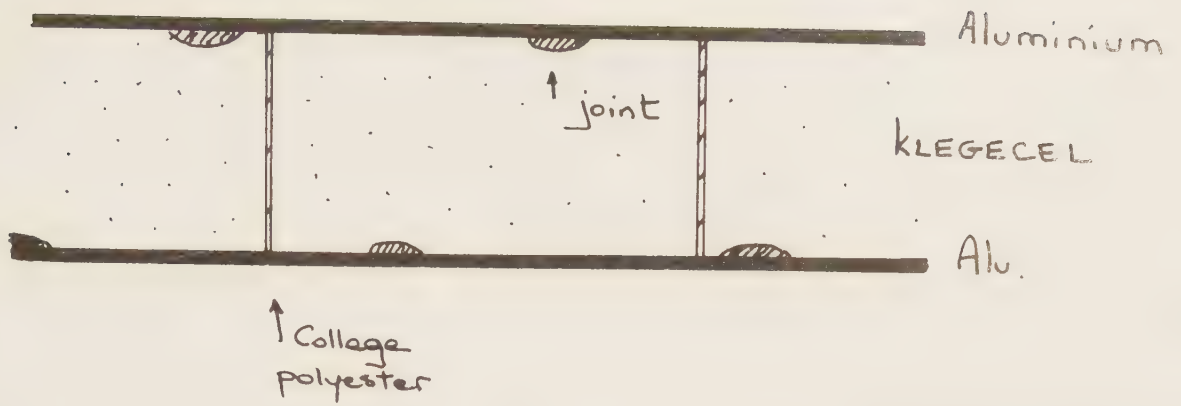
Les raccords entre tôles et panneaux de Klegecel ne sont jamais en vis-à-vis.

Le plancher, très étudié, est de type auto-portant, composé d'une épaisseur plus grande d'isolant (100 mm), renforcée de part et d'autre d'un contre plaqué et d'une tôle.

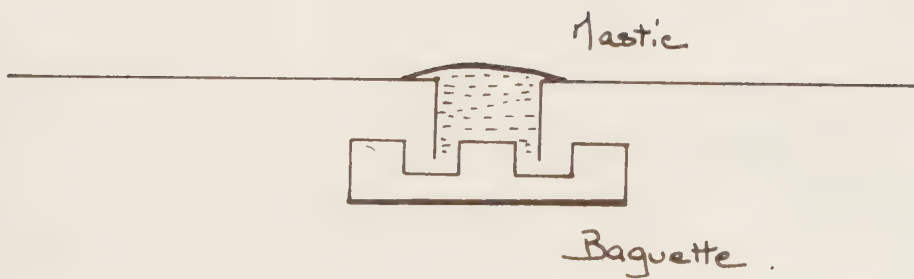
L'assemblage des différents panneaux se fait par collage sur feuillure.

Les angles de raccordements internes et externes sont renforcés par des cornières en aluminium rivetées. Chez certains constructeurs secondaires, ces cornières sont mal ajustées et l'intérieur de la caisse comporte de nombreux gîtes microbiens.

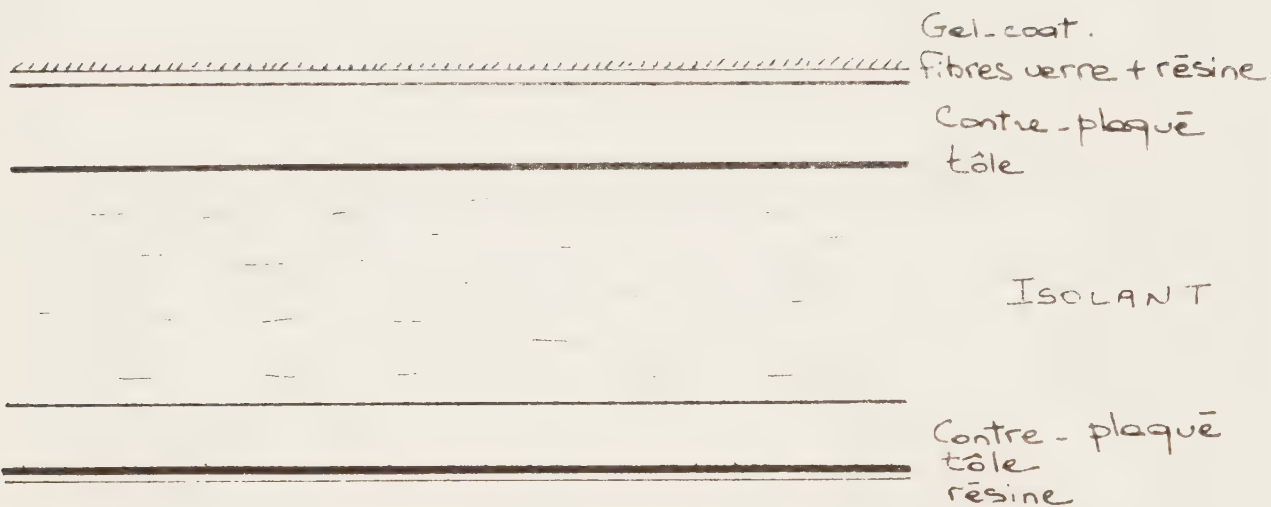
Les aménagements intérieurs (crochets à viande, étagères) se fixent directement sur les parois sans aucun ren-



SANDWICH KLEGECEL



RACCORD ENTRE PLAQUES DE DURALINOX



PLANCHER KIEGEFRANCE

fort. L'ensemble de la caisse est très résistant, le coefficient K moyen à l'origine (0,25 à 0,30) reste stable.

- § II - Construction polyuréthane :

Elle utilise le même principe avec du polyuréthane préfabriqué et du polyester armé comme revêtement. Le plancher est de type auto-portant. La caisse est moins résistante et nécessite, selon les aménagements prévus, des armatures métalliques ou en bois. L'utilisation du polyuréthane injecté in situ assurerait une meilleure homogénéité des panneaux. Les coefficients K excellents varient avec l'âge.

- Section III : Constructions modulaires.

La caisse étant un assemblage d'éléments unitaires construits en série, la construction est plus **rapide**.

Le panneau unitaire est un sandwich polyester/polyuréthane/polyester. Certains utilisent le polyuréthane injecté.

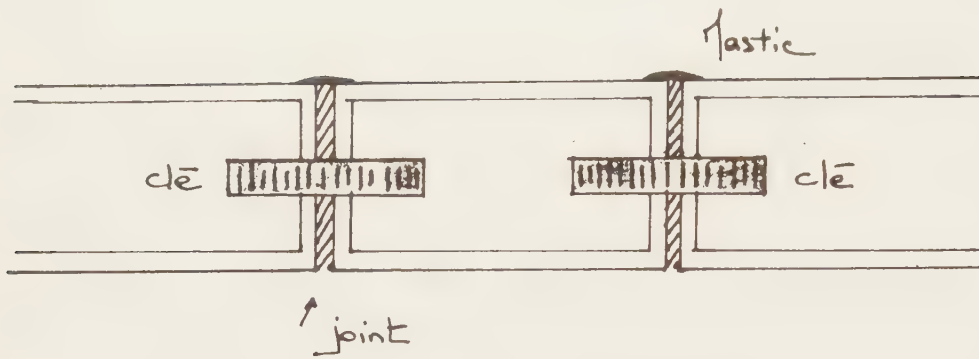
La cadence de production est industrielle. Certains constructeurs préfèrent acheter l'isolant à des usines spécialisées dont la production serait de qualité plus constante. L'assemblage des différents éléments se fait par collage sur clés. Les raccordements ne doivent pas être des ponts thermiques ni des solutions de continuité.

1 - Assemblage par clés en bois : Les différentes unités sont collées sous forte pression sur une clé en bois. Entre deux panneaux, on intercale un joint de polyuréthane souple.

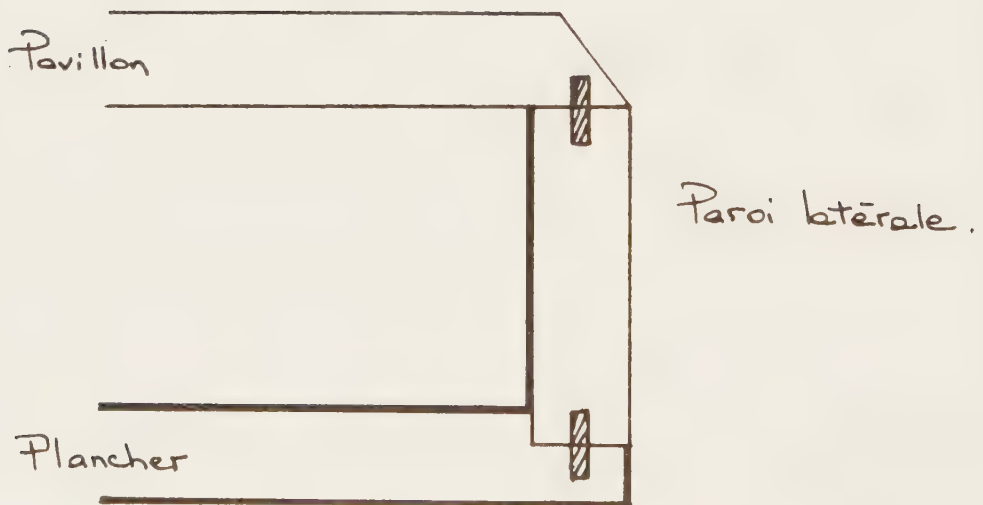
On assemble les différentes parties de la caisse par le même procédé. L'ensemble des clés forme une sorte d'armature incluse dans l'isolant.

Le plancher de type auto-portant est fabriqué d'un seul tenant. On prévoit pour l'avenir un plancher en plusieurs éléments.

CONSTRUCTIONS MODULAIRES



Assemblage par clés en bois



Montage de la caisse



ASSEMBLAGE PAR CLES EN RESINE SYNTHETIQUE

Il y a souvent pour ce type de caisse des problèmes de solidité car elle présente des points faibles. Il peut y avoir rupture non seulement au niveau des planchers mais également sur les parois latérales.

2 - Assemblage par clés en résine synthétique : Le collage des résines réalise une véritable fusion des matériaux. Sur chaque panneau élémentaire, on prévoit une languette de polyester armé. Le raccordement se fait par sertissage des deux languettes autour d'une épaisseur de fibres de verre et résines. Les joints externes et internes ne sont pas en vis-à-vis.

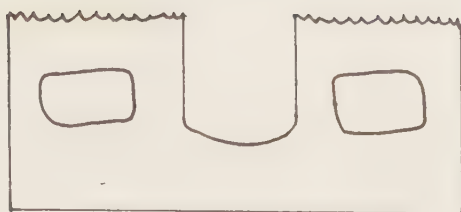
La construction modulaire utilisant le polyuréthane injecté est une technique de pointe. La cadence de production élevée diminue le prix de revient. Les délais de livraison rapide, d'excellentes performances du coefficient K, une bonne finition séduisent les plus exigeants.

Le vieillissement du coefficient K serait toutefois à surveiller ; mais l'amortissement d'un gros porteur est très rapide.

- Section IV : Les ouvertures.

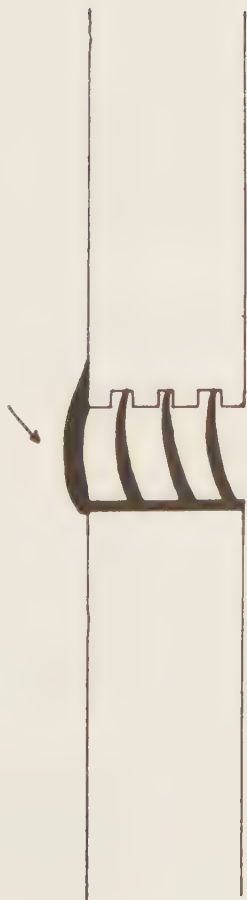
Le nombre des ouvertures et leurs dimensions sont soumis à des impératifs économiques mais doivent être conformes au prototype de référence ou lui être inférieurs.

Il existe des portes à un battant, deux battants dont l'ouverture se fait à 180° ou 270°. Afin de supprimer les inconvénients des portes à ouverture latérale dans les manoeuvres, des portes coulissantes vers l'intérieur de la caisse sont étudiées. On les rabat parallèlement au plafond du véhicule.

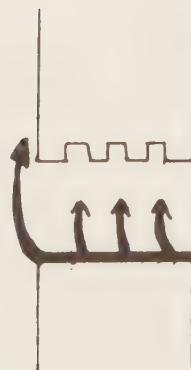


JOINT PNEUMATIQUE CRENELE DOUBLE

Barrière
de
Vapeur



joint dur
crênelé



joint souple
triple

L'étanchéité des ouvertures est particulièrement importante.

L'isolation des battants est analogue ou supérieure à celle de la caisse, des inserts en acier permettent la fixation des gonds, des charnières et des crémones.

L'encadrement des portes est en polyester armé parfois renforcé de bois.

Des joints périphériques autour de l'ouverture complètent l'isolation et l'étanchéité. Ils doivent être souples et s'écraser sur une surface dure pour être efficaces. Les matériaux employés doivent rester souples aux basses températures.

Les joints mousse perdent toute efficacité lorsqu'ils s'humidifient. On adopte actuellement des joints pneumatiques crénelés très souples, simples ou doubles, en Néoprène.

La vapeur d'eau gèle en pénétrant dans la caisse au niveau des joints, à l'ouverture des portes, il y a arrachement des joints. C'est pourquoi les joints sont équipés de barrière de vapeur.

CHAPITRE IV - QUALITE DE L'ISOLATION

- Section I : Appréciation quantitative :

- § I - Définition de K :

Une enceinte échange à tout instant avec le milieu extérieur une quantité de chaleur : $Q = K.S.DT$

avec K : coefficient global de transmission de chaleur

S : Surface moyenne des parois soit $S = \sqrt{S_i.S_e}$

S_i surface intérieure et S_e surface extérieure

DT : Gradient de température soit $DT = T_i - T_e$

T_i température intérieure et T_e température extérieure.

Pour une enceinte isotherme, Q doit être faible donc K également. K permet d'apprécier l'isothermie d'une construction.

- § II - Signification de K :

La quantité de chaleur passant à travers une paroi par conduction est : $Q = \frac{\lambda}{e} \cdot S \cdot DT$. La formule $Q = K.S.DT$ est analogue.

K est un coefficient global tenant compte de la conduction, de la convection et du rayonnement. Si la construction est bien faite, convection et rayonnement seront négligeables et K tendra vers la limite $\frac{\lambda}{e}$.

- § III - Principe du calcul de K :

Soit une enceinte isotherme dont la température intérieure T_i est inférieure à la température extérieure T_e . Malgré l'isolation, l'intérieur de l'enceinte se réchauffe peu à peu. A tout instant le flux thermique global est $Q = K.S.DT$.

Ce flux est variable car T_i augmente pour s'annuler lorsque T_i égale T_e .

Comme les températures sont variables, aucune mesure précise n'est possible.

de l'enceinte
Si on dépense à l'intérieur une certaine puissance (frigorifique ou calorifique), la température intérieure évolue puis se stabilise : C'est un équilibre thermique. La puissance dépensée compense les pertes à travers les parois.

$$P = Q = K \cdot S \cdot DT$$

P et DT étant constants, on peut calculer K d'après la formule.

$$K = \frac{P}{S \cdot DT} \quad \text{avec K en watt/m}^2/\text{°C}$$

ou Kcal/h/m² .°C

Cependant K varie avec la température. Les mesures doivent être faites dans les conditions réglementaires fixées par l'arrêté du 1er Février 1974, c'est-à-dire des températures extérieures, de parois et intérieures obtenues avant les mesures.

Atteindre un équilibre thermique avec des températures imposées est très difficile : il faut estimer au préalable la puissance à mettre en oeuvre, réajuster cette puissance en cours d'essais. Autrefois il fallait quatre à huit jours, actuellement 24 à 40 heures suffisent. Des calculs d'extrapolation au cours du régime variable permettraient de terminer l'essai avant d'atteindre le régime permanent. Mais la réglementation impose un régime permanent pendant douze heures.

- § IV - Détermination de K par la méthode du chauffage.

Par cette méthode, les températures imposées sont de + 20°C pour les parois et une différence de température entre les températures intérieures et extérieures de + 5°C ($T_i = 25^{\circ}\text{C}$ et $T_e = 30^{\circ}\text{C}$).

Le brassage de l'air dans le tunnel d'essais est de 1 à 2 m/seconde.

L'intérieur de la caisse est chauffé par des résistances (les fils de raccordement sont très fins et passent facilement par les joints de portes). La mesure de la puissance électrique dépensée est instantanée et précise, et enregistrée sur bandes avec les températures.

Les températures sont mesurées par thermo-couples étalonnés, placés en quatorze points des parois à l'extérieur et à l'intérieur (en 8 angles et 6 faces).

Les puissances électriques sont également mesurées avec des appareils de précision. La réglementation prévoit une marge d'erreur de 10 % ; en fait la station d'ANTHONY (95) mesure K à 2 % près.

- § V - Par la méthode de refroidissement :

Les températures règlementaires, dans ce cas, sont de + 20°C pour les parois et de 10°C au plus pour la température intérieure.

On refroidit l'intérieur de l'enceinte par un évaporateur dans lequel circule un fluide frigorigène. Le compresseur est situé en dehors de la caisse.

La méthode correspond à une utilisation normale de la caisse, mais les mesures sont malaisées. L'obtention des températures de parois et intérieures posant de gros problèmes, les raccordements de l'évaporateur au compresseur exigeant des passages dans les parois, et surtout l'estimation d'une puissance frigorifique est sujette à erreurs. Cette méthode est peu employée.

- § VI - Résultats :

La mesure officielle du coefficient K ne peut être faite que dans les stations d'essais agréées.

Les résultats sont consignés dans un procès-verbal d'essai de "détermination du coefficient global de transmission de chaleur". Dans une première partie, le document comporte une description de la caisse et de ses aménagements (dimensions, nature et épaisseur de l'isolant, nombre de portes). La seconde partie fait état du déroulement des essais avec en conclusion le coefficient K déterminé et quelques observations si l'interprétation du P.V. pouvait être abusive.

Cette mesure est obligatoire pour tous les engins prototypes et 1 % des engins construits en référence à ce prototype.

- Section II : Appréciation qualitative.

- § I - Valeurs statistiques :

La nature de l'isolant et son épaisseur peuvent donner d'emblée une idée de la valeur de K.

Voici quelques performances mesurées en stations d'essais:

Nature de L'isolant	Epaisseur	Coefficient K
Polyuréthane = 0,020 à 0,022	100 mm	0,20 à 0,22
	80 mm	0,24 à 0,27
	60 mm	0,32 à 0,36
	50 mm	0,55
Klegecel = 0,025	100 mm	0,25
	80 mm	0,31
	60 mm	0,41
Polystyrène = 0,030	80 mm	0,38
	60 mm	0,50

Ces mesures doivent être considérées comme des performances, elles ont été prises sur des prototypes particulièrement soignés en vue du passage en tunnel.

- § II - Calcul de $\frac{\lambda}{e} = K_0$

On sait que K tend vers la limite $\frac{\lambda}{e}$,

- Si les épaisseurs de parois sont homogènes,
 $K_0 = \frac{\lambda}{e}$ (λ = coefficient de conductibilité de l'isolant et
e = épaisseur).

- Si les épaisseurs de parois sont très peu différentes, on calcule l'épaisseur moyenne de parois par la formule :

$$e_m = \frac{\sum e_i \cdot s_i}{S} \quad \text{d'où} \quad K_o = \frac{\lambda}{e_m}$$

- Si les épaisseurs des parois sont très différentes, il faut appliquer la formule :

$$e_m = \frac{S}{\sum \frac{s_i}{e_i}}$$

Exemples :

	Epaisseur e_i	Isolant	Surface s_i	$\frac{s_i}{e_i}$
Toiture	100 mm	Polyuréthane	26,63	266,63
Plancher	80 mm	d°	26,63	332,88
Parois	80 mm	d°	63,00	787,50
			-----	-----
TOTAL			116,26	1.387,01

$$\text{donc } e_m = \frac{S}{\sum \frac{s_i}{e_i}} = \frac{116,26}{1.387,01} = 83,82 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{polyéruthane}} = 0,023 \quad \text{d'où} \quad \frac{\lambda}{e} = 0,274$$

- Si les isolants sont différents dans une même construction (cas peu fréquent), il faut calculer les épaisseurs équivalentes de ces isolants par rapport à un isolant de référence.

$$e_q = e_i \cdot \frac{\lambda_o}{\lambda_i} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} e_q : \text{épaisseur équivalente} \\ e_i : \text{épaisseur d'isolant réelle} \\ \lambda_o : \text{coef. de l'isolant de référence} \\ \lambda_i : \text{coef. de l'isolant utilisé} \end{array}$$

on calcule ensuite l'épaisseur moyenne e_m des épaisseurs équivalentes, puis $K_o = \frac{\lambda_o}{e_m}$

- § III - Evaluation d'un K théorique :

Les variations de K autour de la valeur calculée $K_0 = \frac{\lambda}{e}$ dépendent de l'étanchéité de la caisse et des défauts d'isolation (ponts thermiques). En l'absence de défauts flagrants, dans le meilleur des cas, il faut appliquer un facteur de correction défavorable d'environ 20 % :

$$K = 0,8 K_0.$$

Si l'isolation est mal faite, la construction âgée, la correction peut être de l'ordre de 1,5 à 4 K_0 . Dans ce cas, il vaut mieux ne pas faire d'évaluation théorique.

- § IV - Variations de K avec l'âge :

Elles sont variables et dépendent de l'isolant, des constructions, de l'emploi et de l'entretien de la caisse.

Pour une caisse en bon état, on applique un coefficient de 5 % de K_0 par année d'âge et un coefficient de dispersion propre à chaque isolant :

- 1,4 pour le polyuréthane
- 1,2 pour le Klegecel

Exemple : Soit un coefficient K_0 initial :

Vieillissement $DK = 5 \% K_0 \cdot \text{nombre d'années}$. Coef. de dispersion

$$K = K_0 + DK$$

Certains carrossiers obtiennent de meilleurs résultats.

- § V - Conformité au prototype :

Pour qu'un P.V. d'essais soit utilisable, le véhicule observé doit être rigoureusement identique au prototype : épaisseur d'isolant, nombre d'ouvertures, dimensions.

Les moyens de fixation des aménagements intérieurs (inserts, etc...) doivent être prévus sur le prototype.

Le nombre des ouvertures est le point le plus important. K peut varier de 30 % avec des portes supplémentaires. Certains constructeurs présentent des prototypes avec un nombre maximal de portes. Si le cas obtenu est correct, le P.V. unique peut alors servir de référence à tout engin construit avec un nombre de portes égal ou inférieur.

PRODUCTION DE FROID

La production de froid dans une enceinte consiste à absorber la chaleur de cette enceinte.

Les techniques de production du froid sont basées sur les variations d'énergie qui interviennent dans les changements d'état de la matière.

CHAPITRE I - PRINCIPES

- Section I : Changement d'état d'un corps pur.



- § I - La fusion :

La fusion est le passage de l'état solide à l'état liquide. La réaction demande de l'énergie.

La température de fusion est constante durant toute la réaction.

Si la température ambiante est supérieure à la température de fusion, le corps fond spontanément, absorbant la chaleur du milieu ambiant.

La glace fond à 0°C et absorbe 80 Kcal/kg de glace fondue. Cette quantité de chaleur est la chaleur latente de fusion.

Du point de vue réfrigération, on dira que la glace produit 80 frigories par kilogramme à 0°C.

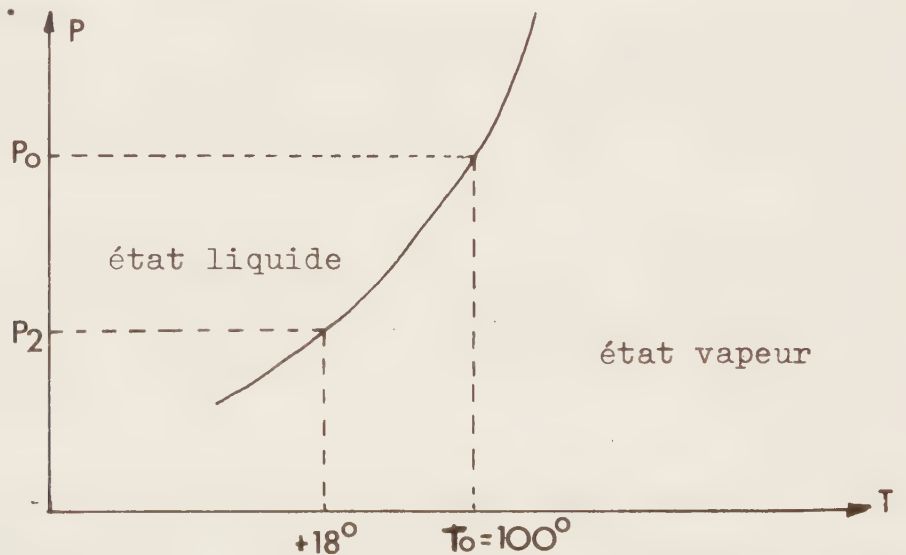
- § II - La solidification :

Pour faire de la glace, c'est-à-dire pour passer de l'état liquide à l'état solide, il faut enlever de l'énergie au liquide. Il faut refroidir l'eau à 0°C et lui ôter une quantité de chaleur égale à la chaleur latente de fusion, c'est-à-dire 80 Kcal/kg .

- § III - L'ébullition :

Ce passage de l'état liquide à l'état gazeux est une réaction qui absorbe de l'énergie. L'ébullition dépend de la température et de la pression.

Il existe des courbes d'ébullition en fonction des deux facteurs.



Exemple : L'eau, sous la pression atmosphérique P_0 , bout à 100°C ; à 80°C elle est à l'état liquide et à 110°C à l'état de vapeur surchauffée.

Si on abaisse la pression au-dessus du liquide P_2 , le point d'ébullition baisse également. A la limite, le liquide bout à la température ambiante.

Si l'eau bout à 100°C , il faut chauffer, elle ne peut absorber l'énergie du milieu ambiant. Si elle bout à 18°C , elle

le fait spontanément et absorbe l'énergie au milieu ambiant.

Les gaz liquéfiés bouent à très basse température sous la pression atmosphérique normale. Leurs chaleurs latentes d'ébullition sont importantes :

Exemples	Temp. d'ébullition sous Po	Chaleur latente ou frigories/kg
Gaz carbonique : CO ₂	- 78°C	56,13
Azote : N ₂	- 196°C	96
Ammoniac : NH ₃	- 33,35°C	301,52

- § IV - La condensation :

C'est le passage de l'état gazeux à l'état liquide obtenu en enlevant aux corps gazeux une quantité de chaleur égale à la chaleur latente d'ébullition.

On condense la vapeur d'eau en la refroidissant dans un serpentin. Mais il est difficile de refroidir un gaz à sa température d'ébullition très basse, sous la pression normale.

Si on se reporte à la courbe d'ébullition, on voit que si la pression est plus élevée, la température d'ébullition est plus élevée. La condensation des corps gazeux s'effectue par compression et refroidissement.

Pour certains gaz, la compression est considérable (azote, hydrogène), pour d'autres, une compression moyenne à température ambiante suffit.

- § V - La sublimation

C'est le passage direct de l'état solide à l'état gazeux.

En principe, dans des conditions particulières de température et de pression, tous les corps peuvent se sublimer. Sous la pression atmosphérique, c'est le cas de la glace carbonique.

La sublimation absorbe de l'énergie, elle est utilisée pour la production du froid.

- Section II : Les sources de froid.

Elles permettent d'absorber la chaleur par les réactions de fusion, sublimation et ébullition.

- § I - Par fusion :

- La glace hydrique fond à 0°C et absorbe 80kcal/kg . Cette source de froid est inutilisable pour obtenir des températures négatives. Elle est suffisante pour les engins de classe A.

- Les saumures : les mélanges sel-eau congelés ont une température de fusion plus basse que l'eau pure. Selon les proportions et la nature des sels, on obtient des températures de fusion de -10°C à -50°C .

La glace eutectique est une saumure congelée que l'on utilise comme la glace d'eau. Pour éviter le gaspillage, on utilise des plaques eutectiques, réservoirs plats contenant le mélange.

- § II - Par sublimation :

- La carbo-glace : la glace carbonique se sublime en gaz carbonique sans résidu. Avec un point de sublimation à -78°C , la carbo-glace peut être utilisée pour toutes les classes d'engins.

- § III - Par ébullition :

L'ébullition doit être spontanée, à basse température sous la pression atmosphérique normale.

- L'azote liquide bout à -196°C en absorbant 80 kcal/litre. L'azote est un gaz inerte, non toxique ; son emploi est très répandu.

- Autres gaz : certains sont toxiques ou explosifs, d'autres reviennent très cher. Ils sont employés dans des circuits fermés : après évaporation dans un serpentin, le gaz est ramené à l'état liquide.

CHAPITRE II - LES REFRIGERANTS

Les véhicules réfrigérants utilisent une source de froid qui ne se renouvelle pas ; la production de froid est donc limitée dans le temps.

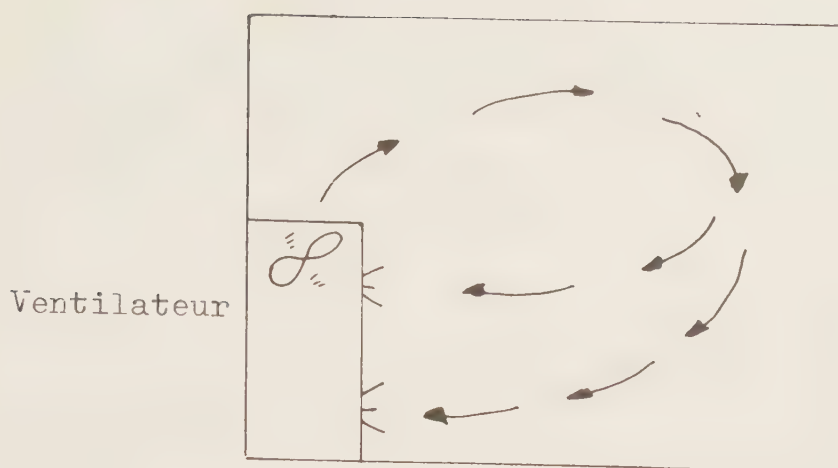
La plupart des engins de distribution sont réfrigérants.

- Section I : Engins réfrigérants.

- § I - A glace d'eau :

Les engins à glace d'eau sont de conception simple, la glace est peu coûteuse, facile à se procurer. Les températures minimales obtenues se situent entre 4°C et 5°C .

Un bac à glace est fixé à l'avant de l'enceinte, un ventilateur assure une bonne répartition de l'air. Le débit volumétrique de ce dernier doit être au moins 60 fois celui de la caisse. L'eau de fusion est recueillie dans un égouttoir et dirigée vers l'extérieur par un siphon.



La quantité de glace doit abaisser la température de la caisse à une température inférieure à $+ 7^{\circ}\text{C}$ et la maintenir pendant douze heures au moins pour une température extérieure de $+ 30^{\circ}\text{C}$.

Le volume de glace à manipuler est assez important. Il est souhaitable que le chargement de glace se fasse de l'extérieur de la caisse, pour des raisons pratiques et sanitaires.

- § II - A carbo-glace :

On peut l'employer dans des bacs comme la glace hydrique. Les températures obtenues sont négatives. Ce système n'équipe que des engins de classe B ou C.

La carbo-glace est aussi utilisée dans des conteneurs isolés, munis de ventilateurs électriques commandés par thermostats, qui permettent d'économiser la réserve de froid et de régler approximativement la température.

Le système équipe environ mille deux cents véhicules agréés dans différentes classes.

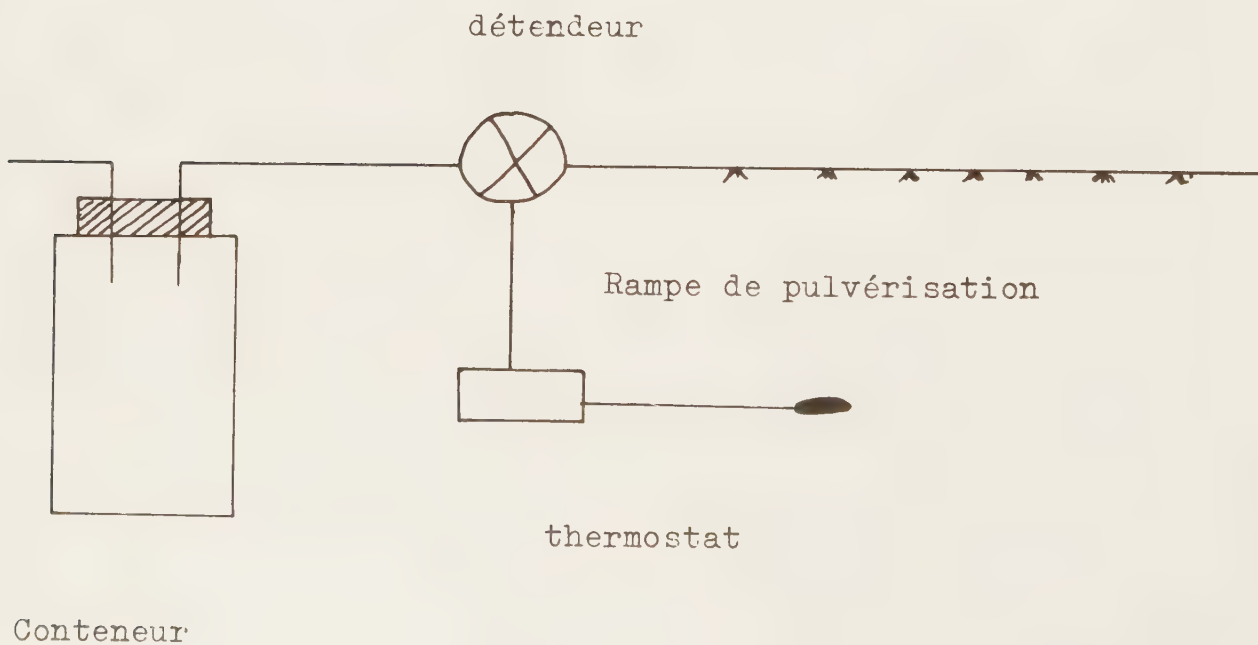
Le réapprovisionnement reste le point délicat ; il n'existe que trente trois points de vente répartis dans des villes de plus de seize mille habitants. La carbo-glace peut toutefois être acheminée par colis express (1 m³ pèse environ une tonne).

- § III - A azote liquide :

L'azote est maintenu sous forte pression dans des contenants spéciaux (conteneurs Cryogal) reliés à une rampe de pulvérisation, dont le détendeur est commandé par un thermostat.

La mise en température de la caisse est rapide et homogène, réglée avec précision. Toutes les classes d'engins peuvent être envisagées.

Le gaz étant inerte, il n'y a pas de résidu. L'ouverture des portes bloque le détendeur et il suffit d'attendre trois minutes pour entrer dans la caisse.



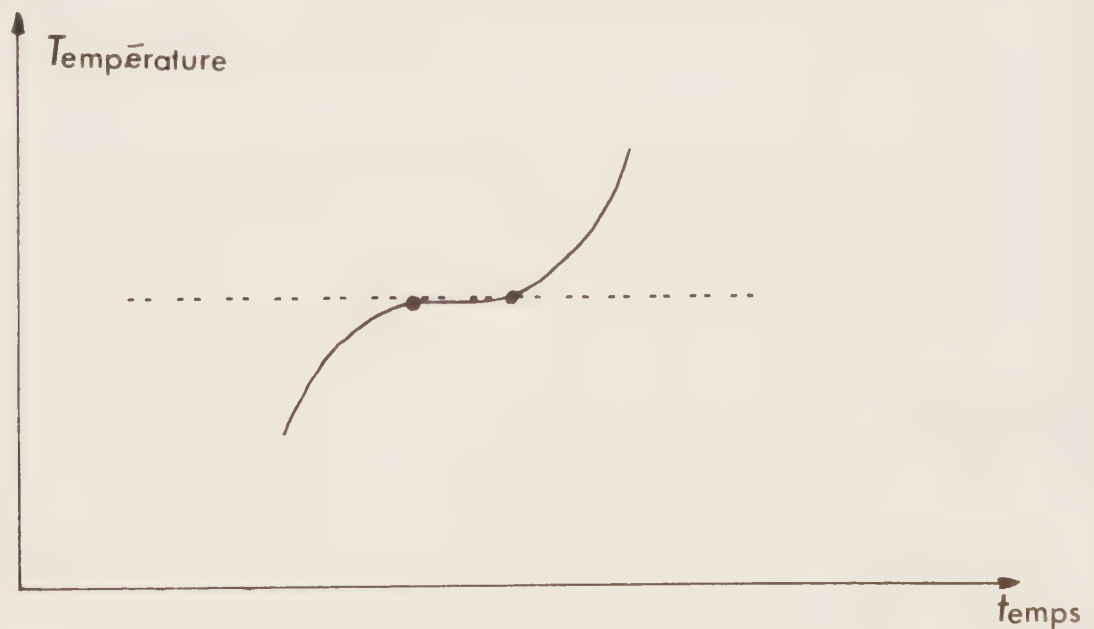
- § IV - A. plaques eutectiques :

Cet équipement permet d'accumuler une réserve de froid à chaque arrêt de service. En principe, la source de froid effectue un cycle de douze heures d'accumulation et de douze heures de service.

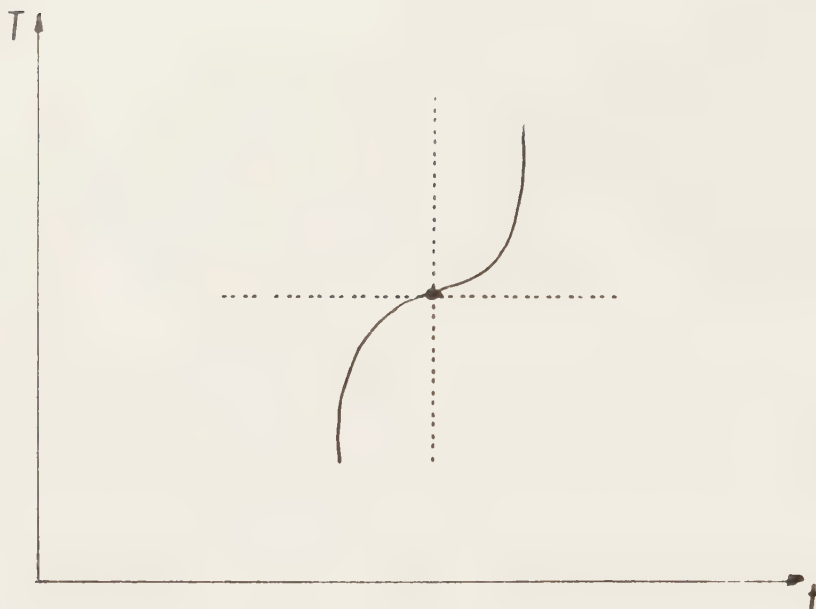
1 - Les solutions eutectiques

Ce sont des mélanges plus ou moins complexes de sel et eau. Leurs compositions sont des secrets industriels.

La température de fusion ou point d'eutexie devrait être constante. En fait les basses températures modifient le comportement de la solution, comme le montrent les courbes de fusion.



- Pour $T = - 11^{\circ}\text{C}$: les eutectiques fusionnant à cette température ont une courbe de fusion avec un palier.



- Pour $T = - 30^{\circ}\text{C}$: le palier de la courbe de ces eutectiques est réduit à un point d'inflexion.

L'amélioration des solutions eutectiques pour les basses températures est encore du domaine de la recherche.

2 - Les plaques eutectiques

Le mélange est contenu dans un réservoir plat de façon à avoir une surface d'échange la plus grande possible par rapport au volume.

L'intérieur est parcouru par un serpentin évaporateur relié à un circuit frigorifique qui assure la congélation des plaques.

Le réservoir, parfaitement étanche, est rempli au 9/10èmes afin de supporter la dilatation du gel de la solution.

Les plaques sont disposées contre les parois et le plafond de la caisse en laissant un espace pour la libre circulation de l'air.

L'air froid étant plus lourd que l'air chaud, les plaques sont installées le plus haut possible, leur répartition étudiée afin d'obtenir une convection optimale.

Une plaque eutectique s'identifie par sa marque, sa surface, son volume, son poids et son point d'eutexie.

Selon les classes des véhicules, on a des points d'eutexie plus ou moins bas :

Classe A : $T = - 11^{\circ}\text{C}$

Classe B : $T = - 18 \text{ à } - 20^{\circ}\text{C}$

Classe C : $T = - 26 \text{ à } - 33^{\circ}\text{C}$

Un équipement de plaques eutectiques ne peut être utilisé que pour une température déterminée car il n'y a aucune possibilité de réglage.

Les armoires réfrigérantes "monobloc" ont des plaques groupées dans un petit conteneur isolé muni d'un ventilateur commandé par un thermostat d'ambiance. Il y a alors possibilité de régler la température et éviter l'usure rapide de la réserve de froid.

Mais le givrage du système aux basses températures le rend inefficace. Ce type d'équipement est limité à la classe A.

3 - Le circuit frigorifique

Le compresseur est le plus souvent fixé sur le véhicule lui-même et fonctionne sur le secteur triphasé. Il est calculé pour congeler les plaques en douze heures pendant l'arrêt du véhicule.

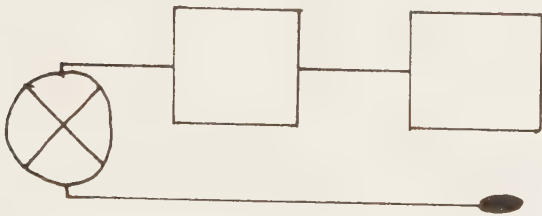
Il s'identifie par sa marque, son fluide frigorigène, sa puissance nominale à des températures de condensation et d'évaporation déterminées.

Par exemple, sa puissance est de 2400 frigories/heure pour une température d'évaporation de -10°C et une température de condensation de $+25^{\circ}\text{C}$.

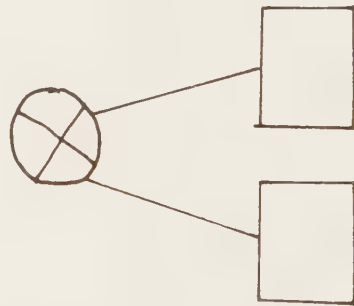
Le détendeur règle l'arrivée du fluide frigorigène dans les serpentins évaporateurs des plaques. Son ouverture est commandée par thermostat réglé sur une température inférieure au point d'eutectie, le groupe s'arrête lorsque les plaques sont entièrement congelées.

Dans le meilleur des cas, il y a un détendeur par plaque, les températures sont plus homogènes. Toutefois, pour des raisons économiques, le montage en série de deux plaques au maximum est toléré (au-delà il y a perte de charge du fluide). Le bulbe du thermostat doit être placé sur la plaque la plus éloignée du détendeur.

On peut également faire un montage en parallèle, la répartition du fluide est meilleure, mais le détendeur doit être conçu pour cela.



Montage en série



Montage en parallèle

L'efficacité des réfrigérants à plaques eutectiques est très discutée. Le nombre de frigories par kilo de plaque (environ 18) est faible. La température n'est pas réglable et de nombreux problèmes d'utilisation se posent.

Pour obtenir la température ambiante de 0°C à $+7^{\circ}\text{C}$ (classe A), les plaques sont à -11°C ; les denrées fraîches qui sont trop proches des plaques subissent des altérations. Si le compresseur est mis en marche alors que le camion est chargé, les dommages sont encore plus graves.

Pour la classe C, le point d'eutexie le plus bas est $- 33^{\circ}\text{C}$. Pour maintenir la température, de $- 20^{\circ}\text{C}$ au moins douze heures, le nombre des plaques doit être important.

L'importance pondérale de l'équipement diminue la charge utile des véhicules (une plaque pèse environ 110 Kg). Un petit porteur de une tonne, équipé de trois plaques, a sa charge utile diminuée de 300 Kg.

Malgré tout, les réfrigérants à plaques eutectiques représentent 95 % du parc.

Si les autres engins sont de conception simple et peu onéreuse, ils posent un problème quotidien d'approvisionnement.

- Section II : Efficacité des dispositifs de refroidissement.

- § I - Mesures officielles :

Cette mesure, faite en station d'essais, a pour but de vérifier si l'équipement répond aux exigences réglementaires.

La source de froid doit permettre d'abaisser la température de la caisse de $+ 30^{\circ}\text{C}$ à la température de classe et de l'y maintenir pendant douze heures au moins.

L'engin est placé dans le tunnel d'essais toutes portes ouvertes, des thermo-couples sont installés en différents points intérieurs et extérieurs de la caisse puis on chauffe.

Quand l'intérieur de la caisse et ses parois atteignent $+ 30^{\circ}\text{C}$, on ferme les portes, on charge en agent frigorigène et l'essai commence.

Sur les prototypes, on ajoute un chauffage intérieur égal à 35 p. 100 des pertes théoriques (35 % de K.S.DT), tenant compte de l'ouverture des portes de l'engin en service.

Les variations de température sont notées sur un tableau et une courbe dans un procès-verbal d'essai "d'efficacité des dispositifs de refroidissement d'un engin réfrigérant". Les dispositifs de refroidissement sont décrits.

Si le coefficient K de la caisse a été mesuré auparavant, le P.V. le mentionne et donne la référence du P.V.

L'essai "de mesure du coefficient global de transmission thermique". Le coefficient K n'est vérifié que si les dispositifs de refroidissement modifient la caisse de façon notable.

La mesure de l'efficacité des engins à plaques eutectiques est un peu différente. On procède d'abord au gel de l'eutectique. Pour une température extérieure de + 30°C le groupe doit être capable de congeler les plaques en 24 Heures.

Les plaques doivent maintenir ensuite la température de classe pendant douze heures.

Dans la pratique, l'engin ne dispose que de douze heures pour congeler les plaques. A la fin des douze heures de service, les plaques ne sont pas entièrement décongelées, leur recongélation plus rapide que pendant l'essai.

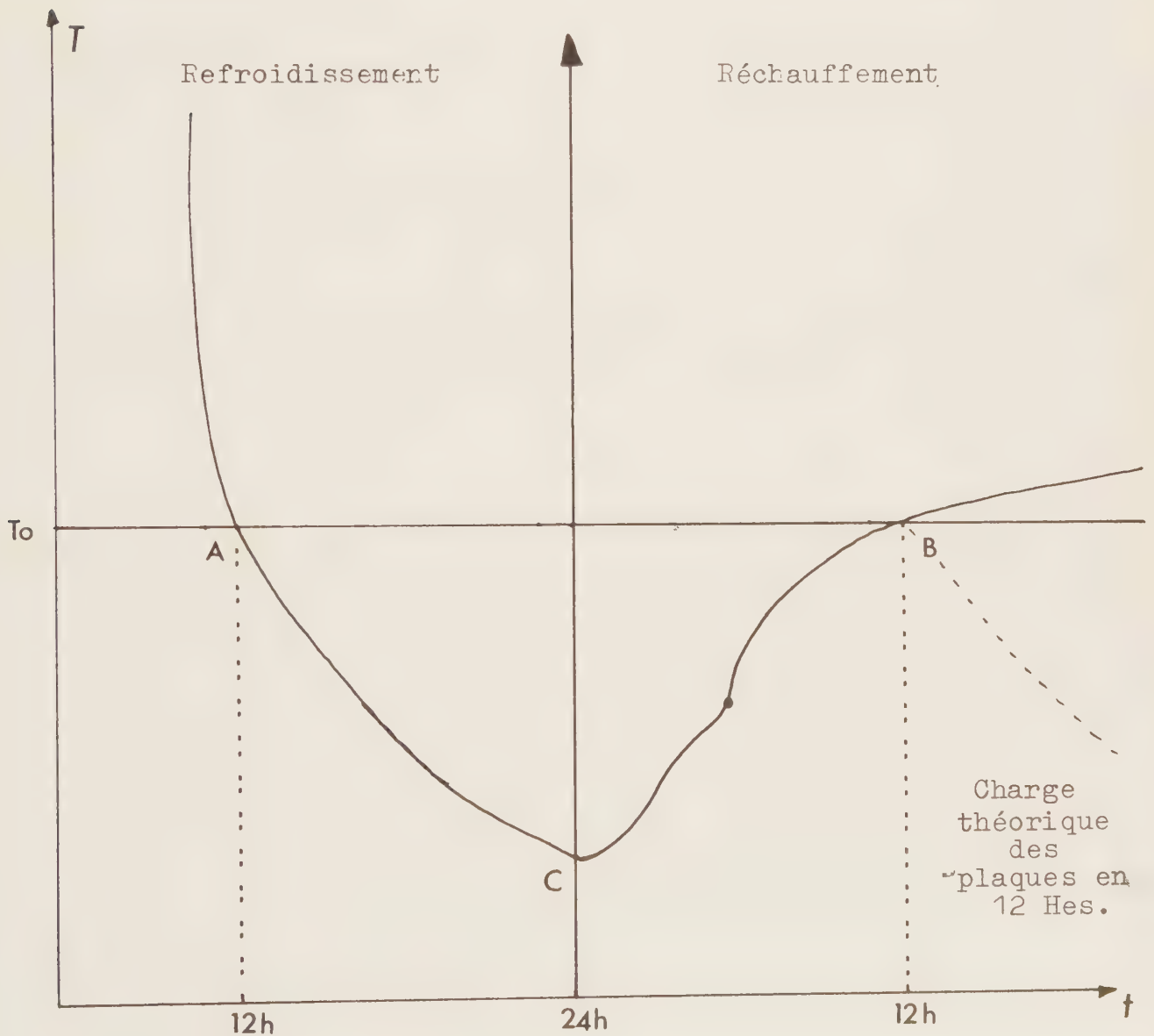
Il faut cependant s'assurer que l'engin est bien capable d'assurer des cycles de douze heures de marche et de douze heures d'arrêt. La courbe établie pendant l'essai en tunnel le permet.

Elle comporte deux parties : une phase de refroidi-

dissement et une phase de réchauffement.

Dans la deuxième partie, au bout de douze heures la température est T_0 (point B).

Pour connaître le temps nécessaire à la congélation des plaques, on se reporte à la courbe de refroidissement : à T_0 elle commence au point A. Pour aller de A en C (point C : point d'eutexie), il faut douze heures. Dans l'exemple choisi, la recongélation des plaques est effective en douze heures.



- § II - Evaluation de l'efficacité des réfrigérants :

1 - Les réfrigérants sans plaque eutectique :

a) Principe :

La source de froid doit abaisser la température de la caisse de + 30°C à la température de classe : il faut pour cela une certaine quantité appelée "capacité calorifique de la caisse".

--

La température doit être maintenue pendant douze heures : la source de froid doit alors compenser les pertes à travers les parois : q avec $q = K.S. DT_x^{+30^\circ}$

La source de froid doit également compenser les pertes dues à l'ouverture des portes.

La quantité totale de frigories nécessaire sera donnée par la formule :

$$Q = K \cdot S \cdot DT_x^{+30^\circ} \cdot 1,75 \cdot 2 \cdot 12$$

avec K.S.DT : pertes à travers les parois
1,75 : correction pour l'ouverture des portes
2 : correction de la capacité calorifique de la caisse
12 : heures de service.

Sachant que l'agent frigorigène absorbe C kilocalories/kilo (chaleur latente de changement d'état) la quantité d'agent frigorigène est de $\frac{Q}{C}$.

Valeurs de C : .

Glace d'eau : 80 Kcal/kg
Carbo-glace : 150 Kcal/kg
Azote liquide : 80 Kcal/litre

Valeur de DT : C'est la différence entre la température extérieure + 30°C et la température intérieure recherchée pour la classe.

Classe A : $DT = + 30^{\circ}C - 0^{\circ}C = + 30^{\circ}C$
Classe B : $DT = + 30^{\circ}C - (- 10^{\circ}C) = + 40^{\circ}C$
Classe C : $DT = + 30^{\circ}C - (-20^{\circ}C) = + 50^{\circ}C$

b) Applications:

Le calcul donne la réserve de froid exigible mais n'indique pas l'efficacité de cette réserve. La mobilisation de l'agent frigorigène dépend de la conception de l'équipement réfrigérant. Seul le passage en tunnel prouve cette efficacité.

Un équipement donné peut être monté sur des véhicules de construction et de K différents. En principe, l'agrément ne peut être accordé que si l'ensemble véhicule-équipement est conforme à un prototype. Il serait cependant possible d'être plus tolérant et d'agrée dans certaines limites un véhicule se référant à deux prototypes. L'un pour le coefficient K (prototype $K_1 \cdot S_1$), l'autre pour l'efficacité de l'équipement (prototype $K_2 \cdot S_2$).

La différence entre les surfaces S_1 et S_2 ne devrait pas excéder 20 %.

$$S_1 = S_2 \cdot 1,2$$

L'engin est considéré efficace si :

$$\frac{K_1 \cdot S_1}{K \cdot S_2} < \frac{Q_1}{Q_2}$$

étant les réserves de froid de chacun les

les réfrigérants à plaques entestiques :

a) Difficultés :

Actuellement il n'est pas possible d'évaluer
la réserve de froid.

La réglementation à l'arrêt en l'environnement
annexe (1) qui permet d'agréer un
dispositif de froid à sur un essai isolé n'est
applicable aux réfrigérants.

Les frigoristes et constructeurs de caisse sont sou-
vent des corporations indépendantes. Un équipement une fois
est monté sur les caisses d'origine différente.

Beaucoup d'engins neufs se réfèrent à deux proto-
types, l'un pour la caisse, l'autre pour l'équipement. En
principe, l'agrément international devrait leur être refusé.
Les véhicules devraient être envoyés en tunnel d'essais, ce
qui augmenterait les prix des camions et décourageraient une
clientèle à moyens limités.

Les frigoristes prétendent pouvoir calculer de
judicieuse l'équipement de leur véhicule et demandent
à l'administration une plus grande collaboration. Un premier
a été fait dans cette voie ; la circulaire D.S.V. n° 8092

du 14 Juin 1976 permet d'évaluer dans certaines limites l'efficacité d'un engin par rapport à deux prototypes de référence.

b) Caractéristiques des plaques :

- Réserve de froid : Elle dépend de la nature de l'eutectique et de son volume. Cette réserve est réelle si le groupe frigorifique est capable d'assurer le gel total de l'eutectique. Plus il y a de plaques, plus le groupe doit être puissant.

- Puissance des plaques : C'est la possibilité des plaques d'absorber la chaleur de l'enceinte dans un minimum de temps. Cette puissance peut s'exprimer par :

$$P = H \cdot S \cdot DT \quad \text{avec}$$

DT : gradient entre la température d'ambiance et la température de plaque. Quand la réserve de froid diminue, la plaque se réchauffe donc DT diminue ainsi que la puissance.

La puissance des plaques est liée à une réserve frigorifique importante.

S : surface des plaques. Plus la surface est grande, meilleurs sont les échanges thermiques.

H : coefficient d'échange. Il dépend en partie de la conductibilité du métal des plaques, mais surtout de la convection de l'air autour des plaques.

Elles doivent être placées le plus haut possible, toutes les surfaces d'échanges doivent être respectées.

c) Procédure actuelle d'agrément :

L'engin présenté se réfère à deux prototypes : le F.V. d'essai du prototype 1 en ce qui concerne le coefficient K et le P.V. d'essai du prototype 2 pour la détermi-

nation de l'efficacité du dispositif de refroidissement.

Appréciation qualitative :

- Coefficient K : il s'agit de vérifier la conformité avec le prototype 1. La réglementation prévoit une majoration de 30 p. 100 dans le cas où le prototype 1 n'était pas encore équipé de plaques lors des essais (ponts thermiques dus à la fixation.

- L'équipement de l'engin doit être de même conception que celui du prototype 2. La marque commerciale des plaques, leurs caractéristiques, dimensions, capacité et fluide doivent être identiques.

La distance du centre géométrique des plaques à la toiture doit être inférieure ou égale à celle du prototype 2.

L'espace parois - plaques doit être supérieur ou égal.

Le nombre de plaques disposées au plafond doit être le même ou respecter les règles suivantes :

$\frac{K.Sm \text{ de l'engin proposé}}{Ko.So \text{ prototype 2}}$	{	Volume des plaques du plafond de l'engin proposé.
		« $\frac{\text{Volume des plaques du plafond prototype 2}}{\text{Volume des plaques du plafond de l'engin proposé}}$
		Surface des plaques du plafond de l'engin proposé
		« $\frac{\text{Surface des plaques du plafond prototype 2}}{\text{Surface des plaques du plafond de l'engin proposé}}$

Appréciation quantitative :

L'engin présenté (K.S.) n'a pas forcément le même nombre de plaques que le prototype 2.

Pour apprécier si la réserve de froid est suffisante, on fait la comparaison du K.S. des deux engins.

Soit (Ko . So) les caractéristiques du prototype 2 et (K . S) celles de l'engin proposé.

- Pour $K.S < Ko.So$, l'engin proposé a besoin de moins de frigories que le prototype 2 et l'agrément ne pose aucun problème si l'équipement est identique.

- Pour $K.S < Ko.So$ avec un équipement moindre, il faut apprécier :

$$\frac{K \cdot S}{Ko \cdot So} \ll \left\{ \begin{array}{l} \frac{P}{Po} \text{ Puissance du groupe} \\ \frac{S}{So} \text{ Surface des plaques} \\ \frac{V}{Vo} \text{ Volume des plaques} \end{array} \right.$$

$\frac{P}{Po}$; $\frac{S}{So}$; $\frac{V}{Vo}$ ne doivent pas être inférieurs à 0,8, marge maximale tolérée.

- Pour $Ko.So < K.S < 1,2 Ko.So$, l'engin proposé a besoin de plus de frigories que le prototype 2.

Le dispositif renforcé (nombre de plaques supérieur) doit répondre aux exigences suivantes :

$$\frac{K \cdot S}{Ko \cdot So} \ll \left\{ \begin{array}{l} \text{Rapport de puissance des groupes} \\ \text{Rapport des surfaces des plaques} \\ \text{Rapport des volumes des plaques} \end{array} \right.$$

d) Discussion :

L'absence de chiffres concrétisant la réserve de froid complique la procédure. Il serait possible d'effectuer une mesure standard, en station d'essais, de la capacité frigorifique des plaques. A la condition que les plaques aient le même rapport $\frac{S}{V}$, il serait possible de comparer la réserve de froid de deux engins de la façon suivante :

Soit un prototype K.S équipé de plaques de capacité frigorifique totale C.

Soit un isotherme $K_1 . S_1$ équipé de plaques de capacité frigorifique totale C_1 .

La réserve de froid de l'engin sera suffisante si :

$$\frac{C_1}{K_1 . S_1} > \frac{C}{K . S}$$

Le groupe frigorifique sera suffisant si :

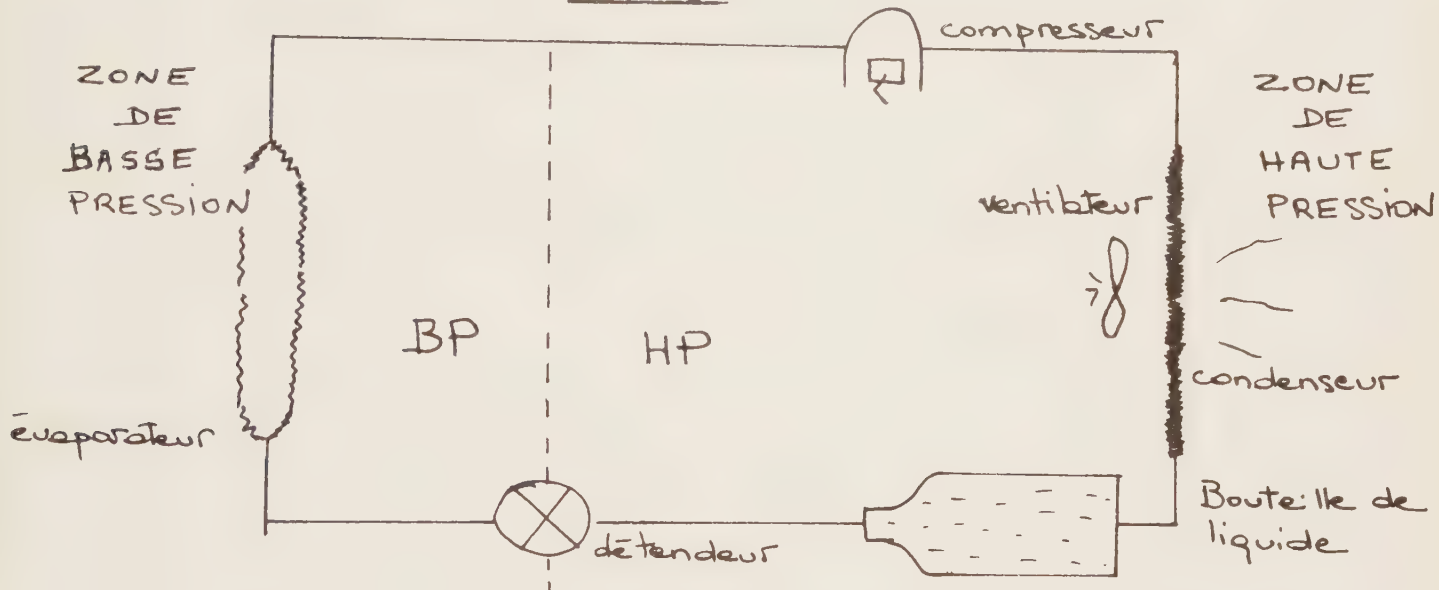
$$\frac{C_1}{P_1} > \frac{C}{P}$$

CHAPITRE III - LES FRIGORIFIQUES

Ce sont des engins pourvus de machines frigorifiques capables de produire du froid sans limite dans le temps, grâce à la transformation cyclique d'un fluide frigorigène.

- Section I : Les machines frigorifiques.

- § I - Principe :



Un fluide bout dans un évaporateur, la chaleur latente d'ébullition est prise dans le milieu extérieur qui se refroidit.

Les vapeurs de gaz sont ensuite attirées par un compresseur puis refoulées dans un condenseur. Sous l'effet de la pression et du refroidissement partiel, le gaz se liquéfie et le cycle peut recommencer.

- § II - Composants :

1 - Les fluides frigorigènes :

a) Propriétés : Ce sont des gaz faciles à liquéfier, refroidis par air à la température ambiante. A cette température, les pressions de condensation ne doivent

pas être excessives pour le compresseur.

La température d'ébullition doit être la plus basse possible pour une pression proche de la pression atmosphérique.

En effet, si dans l'évaporateur la dépression est trop forte, l'air a tendance à entrer dans le circuit. La vapeur d'eau cristallise et endommage l'évaporateur ou le détenteur.

Le fluide frigorigène ne doit présenter aucun risque d'utilisation. Il ne doit pas être nocif ou explosif.

b) Variétés :

- Les fluides chlorés ont été les premiers employés. Ils sont facilement liquéfiables mais corrosifs et explosifs. Le chlorure de méthyl est encore utilisé par certains frigoristes (LYON frigo).

- Les fluides fluorés sont les plus employés. Ces gaz inertes sont communément appelés "fréons". Ils sont nombreux, chacun ayant un usage particulier.

- L'ammoniac est un gaz corrosif, toxique et à l'odeur pénétrante. Intéressant comme fluide frigorigène, il ne peut être utilisé sur les véhicules routiers.

Le fréon R12 est le plus utilisé. Pour les basses températures (Classe C) la dépression au niveau de l'évaporateur est importante. On lui préfère alors le fréon 502 mais la condensation de ce gaz demande un compresseur puissant.

GAZ	Température d'ébullition	Température de Condensation	Pression de Condensation	Usage
R 12 ou Fréon 12 Dichlorodifluorométhane	- 29,8°C	+ 25°C	5,5 Bars	Biens liquifiables Machines usuelles
R 22 Monodichlorodifluorométhane	- 40,8°C	+ 25°C	9,68 Bars	On lui préfère le Fréon 502
R 15 Monochlorotrifluorométhane	- 81,5°C	+ 25°C	35,18 Bars	Pression de condensation élevée. Non utilisable pour les camions.
R 502	- 45,5°C	+ 25°C	10,32 Bars	Forte pression de condensation mais température d'ébullition basse
NH ₄ Ammoniac	- 33°C	+ 25°C	9 Bars	

PROPRIETES DE QUELQUES FLUIDES FRIGORIGENES.

2 - Le détendeur :

Règle le débit du fluide de façon à maintenir la basse pression à l'évaporateur et la haute pression au condenseur.

S'il est trop ouvert, il y a trop de fluide à l'évaporateur, la pression augmente, moins de fluide s'évapore et le froid diminue.

S'il est trop fermé, il manque du fluide, le froid diminue, le compresseur travaille à vide.

Le détendeur est donc un organe important, sensible aux pressions.

3 - Le compresseur :

C'est une pompe aspirante-refoulante composée d'un piston et d'un cylindre à deux clapets. La puissance du groupe dépend en partie du balayage du piston, c'est-à-dire de la quantité de vapeur qu'il peut aspirer.

Il s'identifie par sa marque, sa cylindrée et sa vitesse de rotation.

L'entraînement est variable selon le type d'engin :

- prise directe sur le moteur : il faut que le moteur du camion tourne. La puissance maximale du groupe est atteinte vers 70 km/heure. Au ralenti, la puissance diminue beaucoup.

- prise sur le moteur par une pompe hydraulique ou un moteur électrique : ces systèmes diminuent les variations de puissance dues à la vitesse du véhicule.

- moteur thermique autonome : essence ou diesel, ils sont bruyants et lourds (350 à 500 kg).

- mixtes : moteur thermique autonome et moteur électrique. A l'arrêt le moteur électrique peut fonctionner sans bruit et sans odeur.

La mise en route du compresseur est commandé par thermostat (si le compresseur est arrêté, il n'y a pas de circulation de fluide donc pas de production de froid).

Le thermostat peut agir en arrêtant le moteur d'entraînement ; c'est le cas des petits groupes dont le moteur est à essence. Sur les gros moteurs Diesel, le thermostat agit par débrayage du compresseur, le moteur tourne alors à vitesse réduite.

4 - Les échangeurs de chaleur : évaporateur et condenseur.

La machine frigorifique absorbe des calories à l'évaporateur et les restitue au condenseur. L'évaporateur est placé dans l'enceinte du véhicule le plus haut possible et muni d'un ventilateur.

Le condenseur est à l'extérieur de la caisse, au dessus de la cabine, refroidi par air.

Ces éléments doivent assurer de bons échanges thermiques tout en restant simples et robustes. Ils sont composés de tubes munis d'ailettes ; leur efficacité dépend de plusieurs facteurs :

- du métal employé qui doit être conducteur (cuivre, aluminium).

" - de la liaison ailettes-tubes qui doit être la plus intime possible. Il existe des ailettes soudées ou la soudure est un point faible. On réalise des ailettes serties les unes

dans les autres pour former un tube.



- de la surface des ailettes. Si elle est trop petite, l'échange thermique est insuffisant. Si elle est trop grande, le froid ne diffuse pas sur toute la surface. Le

$$\text{rapport optimum} = \frac{\text{surface de tubes}}{\text{surface d'ailettes}} = 7 .$$

- du nombre de nappes : l'efficacité de l'échange dépend de la surface d'échange. La puissance frigorifique de la machine dépend de la capacité de l'évaporateur et du condenseur, de la quantité de fluide en circulation.

Il faut donc avoir une capacité et une surface d'échange optimales. Pour cela, on réalise des montages en parallèles, dits en "nappes".

- de la ventilation : un ventilateur améliore les échanges thermiques.

- de l'entretien : avec l'usage, les différents éléments peu vent s'altérer. Les ailettes se cassent ou s'encrassent, les surfaces rouillent et s'encrassent, givrent . Le givrage rend inefficace les nappes de l'évaporateur.

- § III : Groupes frigorifiques pour les transports :

En général, il s'agit de groupes monobloc réalisés par des constructeurs spécialisés : -Thermoking, Frigiking, Odmobile, Carrière). Ils sont résistants aux chocs et vibrations

de route. Un groupe monobloc est constitué de deux caissons séparés par une cloison isolée. Le caisson placé dans l'enceinte comprend l'évaporateur et son ventilateur. L'autre caisson, à l'extérieur de la caisse, comprend le condenseur, le compresseur, les appareils de régulation et éventuellement le moteur d'entraînement. Ces groupes ont des dimensions standard et il est possible lors de la construction de la caisse de prévoir une ouverture suffisante pour laisser passer le caisson évaporateur et fixer le panneau isolant de façon étanche.

Il existe également des constructions en éléments séparés. L'évaporateur est fixé à l'intérieur de la caisse et relié au circuit par tubes qui traversent les parois. Le compresseur et le condenseur sont à l'extérieur de la caisse. Ce type d'équipement risque d'être plus fragile. Le contrôle en est plus difficile, il faut pointer chaque élément.

- Section II - Efficacité des machines frigorifiques.

La machine frigorifique doit absorber rapidement la chaleur qui pénètre dans l'enceinte. La quantité de chaleur absorbée par unité de temps est la puissance frigorifique de la machine. Cette puissance peut être mesurée par rapport à la conception de la machine ou par rapport à ses effets ; on parle de puissance nominale ou de puissance utile.

- § I - La puissance nominale :

Elle est calculée par rapport aux caractéristiques de la machine. La production de froid est en relation directe avec la quantité de fluide qui s'évapore. Cette quantité dépend :

- de la charge en fluide frigorigène, c'est-à-dire du volume de l'évaporateur, du balayage du compresseur.

- de la température à l'évaporateur et au condenseur. Plus la température à l'évaporateur est basse, moins le fluide a tendance à s'évaporer.

La puissance nominale est donnée pour des températures à l'évaporateur et au condenseur déterminées. Elle a une valeur purement indicative. Elle permet de comparer deux groupes, à condition que les puissances soient données pour les mêmes températures.

Il ne faut pas se fier aux valeurs parfois impressionnantes de cette puissance nominale.

En général, elle est donnée pour :

température d'évaporation = -10°C

température de condensation = $+ 20^{\circ}\text{C}$

or pour obtenir zéro degré dans une caisse, les températures usuelles sont :

température d'évaporation = -15 à $- 17^{\circ}\text{C}$

température de condensation = $+ 45$ à $+ 48^{\circ}\text{C}$

et pour obtenir $- 20^{\circ}\text{C}$

température d'évaporation = -26 à $- 30^{\circ}\text{C}$

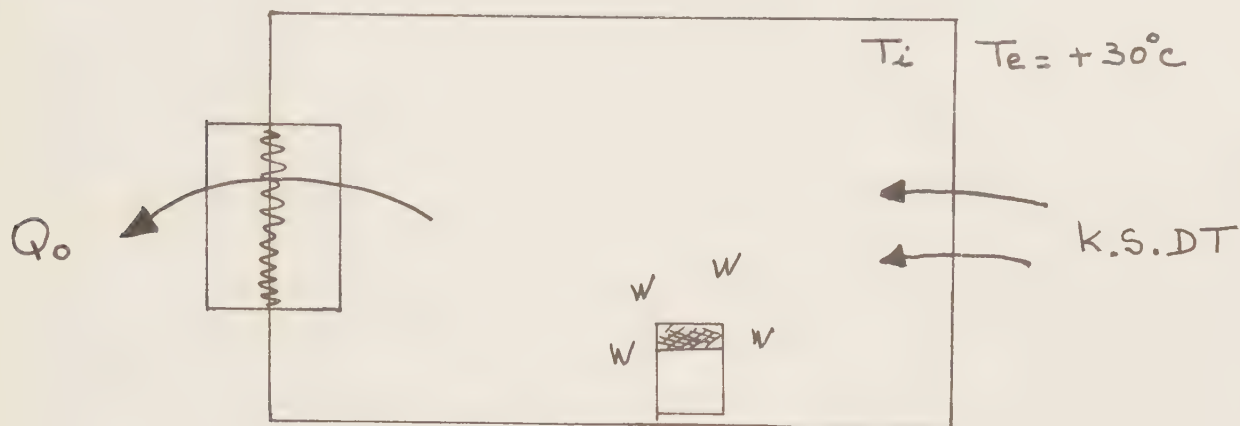
température de condensation = $+ 38^{\circ}\text{C}$

La puissance nominale d'un groupe donne une idée d'un groupe donne une idée de son importance mais non de son efficacité réelle.

- § II - Puissance utile de la machine :

Valeur mesurée par rapport aux effets de la machine, elle représente la quantité maximale de frigories que la machine peut absorber par unité de temps pour une température donnée.

La plupart des groupes frigorifiques subissent des essais officiels de "détermination des performances maximales d'une machine isolée".



Le groupe est ajusté dans un caisson isotherme dont les caractéristiques (K.S.) sont connues. Ce caisson est placé lui-même dans une chambre isotherme.

La température extérieure est maintenue à $T_e = + 30^{\circ}\text{C}$. On lance la machine à sa puissance maximale. On chauffe l'intérieur du caisson à l'aide de résistances électriques de puissance W .

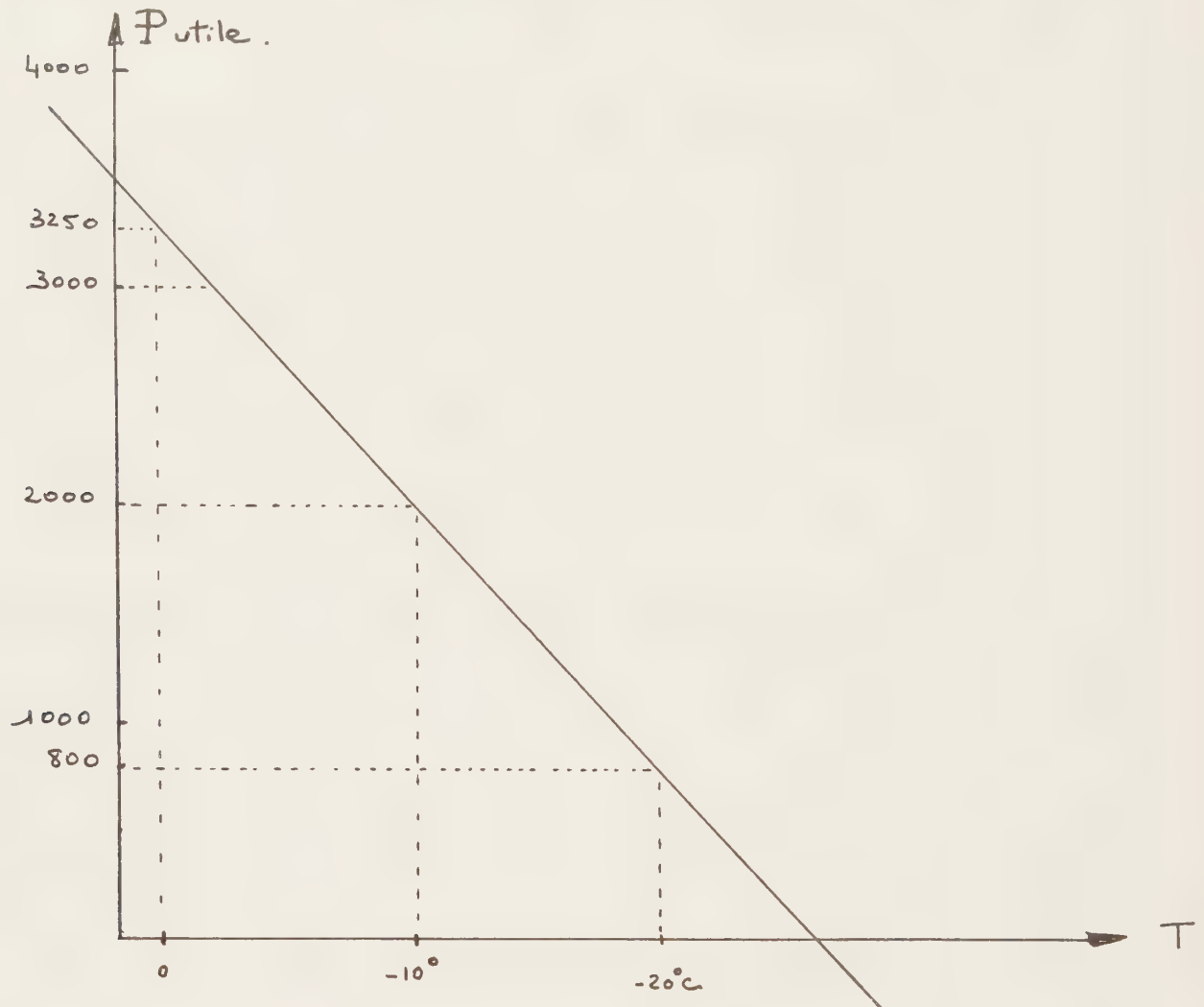
La température intérieure T_i varie puis se stabilise. Il y a alors égalité entre les gains et les pertes de chaleur. Les gains de chaleur sont : la puissance W et le flux thermique pénétrant dans la caisse soit $K \cdot S \cdot DT$.

Les pertes de chaleur sont : la quantité de chaleur absorbée par la machine Q_0 .

On a $Q_0 + W + (K.S.DT) =$ puissance maximale utile de la machine pour maintenir la température T_i .

Il est procédé à différentes mesures avec des puissances électriques différentes. On trace alors la courbe de variation de Q_0 en fonction de T_i .

Les puissances caractéristiques sont relevées sur la courbe pour les températures 0°C, - 10°C, - 20°C.



Là encore, on constate que la puissance du groupe baisse très sensiblement quand la température baisse.

A l'inverse, les entrées de chaleur augmentent quand la température intérieure baisse.

$$\begin{array}{lll} \text{Pour } 0^{\circ}\text{C, on aura :} & P = K \cdot S \cdot (30 - 0) = 30 \text{ K.S} \\ \text{" } -10^{\circ}\text{C,} & \text{"} & : P = K \cdot S \cdot (30 - -10) = 40 \text{ K.S} \\ \text{" } -20^{\circ}\text{C,} & \text{"} & : P = K \cdot S \cdot (30 - -20) = 50 \text{ K.S} \end{array}$$

Tous les résultats sont consignés dans un P.V. d'essais qui comporte en outre une description des éléments du groupe.

Avec la mesure de la puissance utile, on dispose d'une valeur quantifiée utilisable pour le calcul de l'efficacité des engins frigorifiques.

- Section III : Efficacité des véhicules frigorifiques.

L'arrêté du 1er Février 1974 prévoit deux modalités d'estimation de l'efficacité des frigorifiques : la mesure en station d'essais et le calcul par les experts départementaux à partir de la puissance utile de la machine.

- § I - Mesure en station d'essais :

Elle est nécessaire si le groupe n'a pas subi d'essai en caisson isotherme et s'il s'agit d'un groupe composé d'éléments séparés non identifiables ou modifiés.

C'est l'ultime recours en cas de doute ou de contestation des décisions départementales.

Le déroulement des essais est simple. La température des parois de l'engin est amené à + 30°C, on lance alors le groupe frigorifique, des thermomètres enregistrent les températures. L'essai est satisfaisant si l'engin maintient la température de classe pendant douze heures. On vérifie également les possibilités des thermostats.

Sur les engins neufs, on met en oeuvre un chauffage égal à 35 p. 100 des pertes théoriques à travers les parois.

Le P.V. d'essai "d'efficacité d'un engin frigorifique" ne peut servir de référence que pour un frigorifique

identique au prototype (K.S et groupe). Mais, à la demande du constructeur, il est possible de poursuivre l'essai et de mesurer la puissance utile du groupe à différentes températures. Le P.V. d'essai de l'engin peut alors devenir P.V. d'essai du groupe.

- § II - Calcul de l'efficacité :

1 - Principe :

La machine frigorifique doit compenser les pertes à travers les parois de la caisse.

Ces pertes sont : $Q = K \cdot S \cdot DT$ par heure.

Pour que la machine soit efficace, il faut que sa puissance utile à la température x soit supérieure ou égale à $K \cdot S \cdot DT$.

$$P_x \gg K \cdot S \cdot DT_x^{30}$$

2 - Facteurs de correction :

La mesure de la puissance utile se fait dans des conditions d'étanchéité et de fonctionnement optimales. Dans la pratique, le groupe est plus ou moins bien ajusté, la vitesse de rotation du compresseur plus ou moins lente. Les ouvertures de portes augmentent considérablement les pertes. La réglementation prévoit un coefficient de sécurité égal à 1,75 fois les pertes théoriques. La formule utilisée est donc :

$$P_x \gg K \cdot S \cdot DT_x^{30} \cdot 1,75$$

3 - Evaluation de la classe de l'engin :

La formule précédente permet d'agréeer comme frigorifiques des isothermes munis de groupes frigorifiques

ayant subi un essai isolé de mesure de leur puissance utile.

Soit un isotherme se référant à un P.V. d'essai de mesure du coefficient K et possédant un groupe. Le P.V. d'essai de ce groupe donne les puissances utiles à différentes températures et en particulier à 0°C , -10°C , -20°C .

Il est impératif de vérifier si les conditions ci-dessous sont bien remplies :

pour la classe A, la puissance utile à 0°C	$\geq$	$K.S.1,75.30$
" B, " -10°C	$\geq$	$K.S.1,75.40$
" C, " -20°C	$\geq$	$K.S.1,75.50$

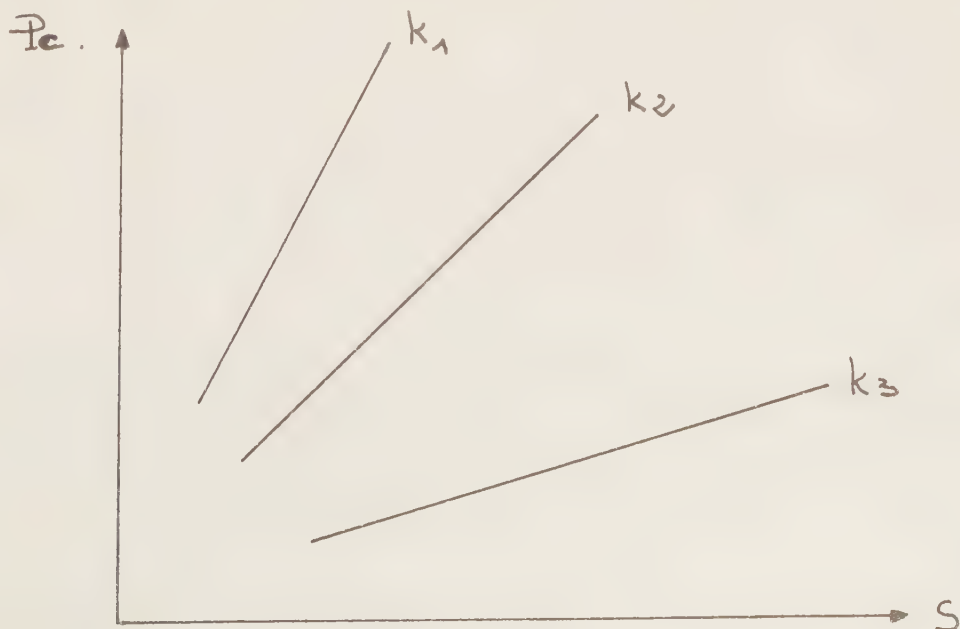
4 - Evaluation graphique :

Elle permet de procéder plus rapidement.

a) Etablissement des courbes pour la classe C.

On doit avoir $P \geq K.S.1,75.50 = 87,5 K.S$

On trace les courbes $P = 87,5 K.S$ pour différentes valeurs de K : $0,5$; $0,45$; $0,40$; $0,35$; $0,30$; $0,28$; $0,27$; $0,26$; $0,25$; $0,24$; $0,23$; $0,22$; $0,20$.



b) Extrapolation aux autres classes :

On remarque que :

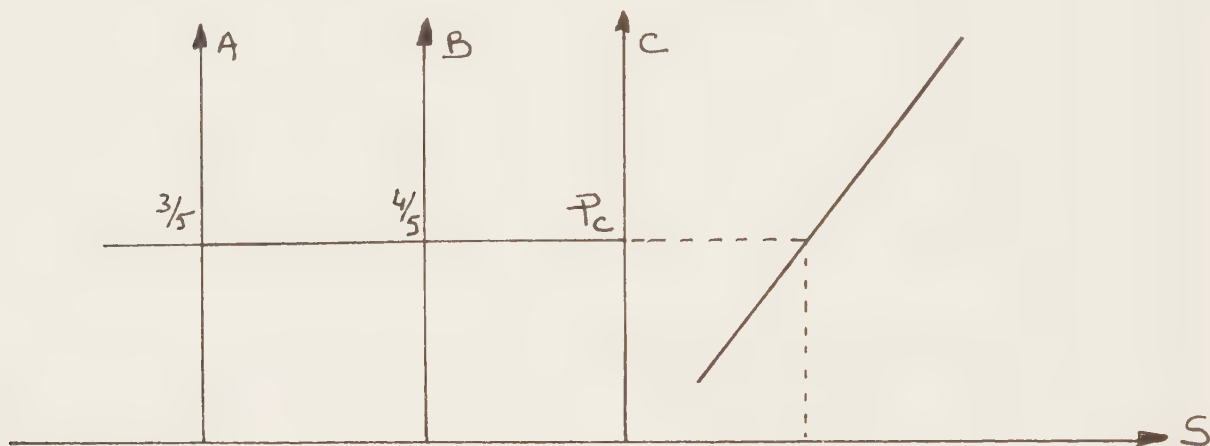
$$P_C = 1,75.K.S. \ 50$$

$$P_B = 1,75.K.S. \ 40$$

$$P_A = 1,75.K.S. \ 30$$

$$\text{d'où } P_B = 4/5 \text{ de } P_C$$

$$P_A = 3/5 \text{ de } P_C$$



Pour obtenir les puissances nécessaires à la classe A et B, il suffit d'étalonner P_A et P_B en fonction de P_C .

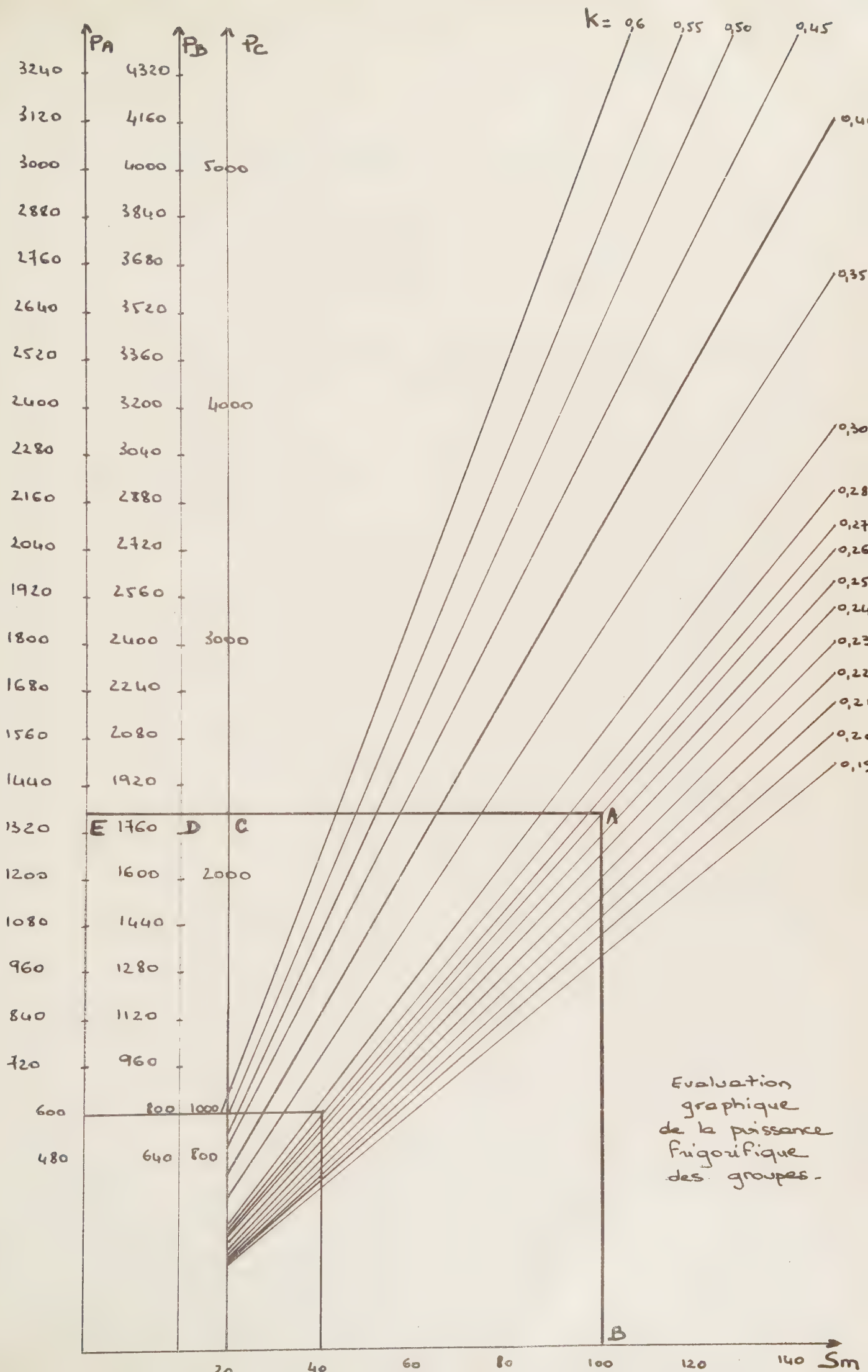
c) Utilisation du graphique complet :

Il permet de déterminer rapidement la classe de l'engin.

Soit par exemple un camion de 100 m², de coefficient $K = 0,26$, muni d'un groupe Thermoking CMA de puissance utile

P à 0°C	=	1800 frigories
P à -10°C	=	1300 frigories
P à -20°C	=	800 frigories

Pour déterminer sa classe, on trace sur le graphique BA ($S = 100 \text{ m}^2$ et $K = 0,26$) et on reporte sur les puissances A, C, D, E. On constate que la puissance nécessaire



pour maintenir les températures de classe sont :

2275 frigories pour la classe C

1800 frigories pour la classe B

1400 frigories pour la classe A

La puissance de la machine est donc insuffisante pour les classes B et C, l'engin est de classe A.

Pour obtenir la classe C, il faudrait un groupe plus puissant, par exemple un Thermoking RT qui développe 3350 frigories à -20°C .

- § III - Contrôle du groupe en marche :

La mesure ou le calcul de l'efficacité des engins frigorifiques permet de dire théoriquement que le groupe est capable de maintenir les températures voulues. Sur le plan pratique, il faut s'assurer de son bon fonctionnement.

1 - Fonctionnement normal d'un groupe :

En régime normal, au moins une heure après la mise en service, le compresseur tourne pendant quatre à cinq minutes avec des fréquences assez espacées.

L'évaporateur, le tube d'aspiration (1) sont froids, à peine recouverts de givre.

Le condenseur, le compresseur et le tube 2 sont chauds.

Les tubes 3 et 4 sont moins froids que le tube 1 et sans givre.

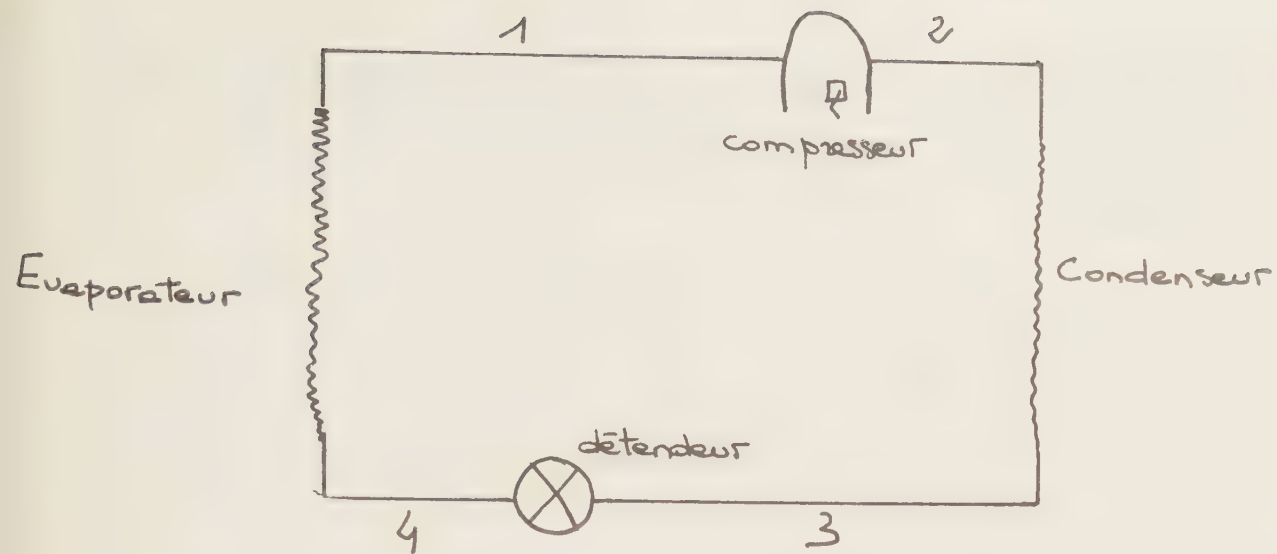
THERMOKING PETTER	ENTRAÎNEMENT	REGLAGE	PUISSANCE UTILE en frigories
CMA	Moteur thermique + Mot. électrique	Le thermostat agit sur le mot. thermique.	0°C 1800 + 10°C 1300 - 20°C 800
P.A	Moteur thermique 4 CV + moteur électrique 3 CV	Le thermostat agit sur la vitesse du moteur.	0°C 2200 - 10°C 1750 - 20°C 1240
F.M	Mot. Essence 7CV 2250 T/mm + Diésel 5,6 CV 2800 T/mm + Elect. 5 CV, 3000 T/mm		0°C 3100 - 10°C 2300 - 20°C 1500
KW 20	Moteur thermique 12 CV + moteur électrique 7 CV	Dégivrage automatique par gaz chaud ou manuel	0°C 4200 - 10°C 2850 - 20°C 1550
XRW	Moteur 15 CV Electrique 7,5CV	Dégivrage automatique par dispositif pneumatique sui- vant l'épaisseur de givre.	0°C 7500 - 10°C 5500 - 20°C 4000
XKL			0°C 5100 - 10°C 3600 - 20°C 2250

THERMOKING PETER	ENDRAINEMENT	REGLAGE	PUISSANCE UTILE en frigories
RT			0°C 7900 - 10°C 5500 - 20°C 3350
NWD 30	Diésel 26 CV + Electrique 16 CV	Dégivrage automatique par différence de pression en aval et amont du ventila- teur.	0°C 8950 - 10°C 6700 - 20°C 4400
"M" Sup. à P.A		Entre P.A et F.M	0°C 3100 - 10°C 2200 - 20°C 1250

FRIGIKING	ENTRAÎNEMENT	PUISSANCE <i>en frigories</i>	TYPE DE VEHICULES
F.K 520 P.M	Prise sur moteur du véhicule + moteur électrique 2 CV	0°C-1500 - 10°C-1085 à 1480 T/mn - 20°C - 680	8 - 10 m2
720 P.M 720 H	Prise moteur + électrique 3 CV	0°C-1625 - 10°C-1000 à 1890 T/mn - 20°C - 700	12 - 18 m2
M. 720 E	Prise moteur par pompe hydraulique + secteur 3 CV	0°C-2815 - 10°C-2000 à 2000 T/mn - 20°C-1240	14 - 15 m2
1220	Prise moteur + secteur 3 CV	0°C-2130 - 10°C-1560 - 20°C - 970	20 - 25 m2
M. 1220 E	Prise moteur par pompe hydraulique + secteur 3 CV	0°C-3245 - 10°C-2265 - 20°C-1230	20 - 25 m2
1520 E	Prise moteur + secteur 3CV	? ?	30 - 35 m2
DE 10	Moteur thermique 8 CV + électrique 3 CV	0°C-2340 - 10°C-1650 - 20°C - 960	15 - 22 m2

FRIGIKING	ENTRAINEMENT	PUISSANCE <i>en Frigories</i>	TYPE DE VEHICULES
DE 20 DE 20 D DE 20 G	Moteur thermique 12 CV + électrique 4 CV	0°C. 2780 - 10°C. 2020 - 20°C. 1220	22 - 30 m2
DE 40	Moteurs thermique et électrique	- 0°C. 4210 - 10°C. 2980 - 20°C. 1740	
DE 50 D	Moteur thermique 13 CV + électrique 10 CV	0°C. 4500 - 10°C. 3000 - 20°C. 1500	
TE 550 D	Diesel et électrique 5,5 CV	0°C. 3825 - 10°C. 2750 - 20°C. 1670	
T 850 D			
A 720	Moteur du véhicule ; alternateur	0°C. 1850 d'après le - 10°C. 1450 construc- - 20°C. 1050 teur.	
A 520	Idem	0°C. 1340 - 10°C. 990 à 1450 T/mn - 20°C. 640	

FRIGIKING	ENTRAINEMENT	PUISSANCE <i>en Frigories.</i>	TYPE DE VEHICULES
A 1220	Moteur du véhicule ; alternateur	0°C - 3020 - 10°C - 2140 - 20°C - 800	
A 1320	Alternateur	A peu près semblable DE 20	
A 1520	Idem	0°C - 4435 - 10°C - 2885 à 1450 T/mn - 20°C - 0	
ODEMOBILE FO 1 HE	Moteur hydraulique et électrique 3 CV	0°C - 1390	
ODEMOBILE FO 2 HE	Compresseur Bock FK 3 Moteur Thermique 5 CV	0°C - 2320 - 10°C - 1560 à 1460 T/mn - 20°C - 960	
ODEMOBILE FO 1 HE	Compresseur Bock FK1 Moteur hydraulique et électrique	0°C - 1300 - 10°C - 1000 à 2500 T/mn - 20°C - 500 A l'arrêt 840 T/mn	



2 - Anomalies :

Si le groupe fonctionne mal, la production de froid diminue.

Le thermostat d'ambiance placé dans la caisse sollicite souvent le compresseur. Un compresseur tournant souvent et longtemps est le signe le plus évident d'une anomalie du fonctionnement.

- Un groupe trop petit tourne longtemps, l'évaporateur givre. Le givre, mauvais conducteur, empêche les échanges de chaleur. La production de froid est insuffisante. On vérifie la puissance utile du groupe par rapport à la caisse.

- Les ailettes de l'évaporateur peuvent être bouchées, écrasées, L'évaporateur lui-même peut être mal adapté au groupe.

Le processus est le même que pour un groupe trop petit (givrage). Il faut vérifier l'identité de l'évaporateur et sa conformité avec le P.V. d'essais.

- De l'eau peut pénétrer dans le circuit, quand la pression à l'évaporateur est trop basse. Au début, le groupe

marche normalement et brutalement tout se dérègle. Le groupe tourne sans arrêt et sans efficacité. L'eau en gelant a bloqué le détendeur. L'évaporateur et le tube d'aspiration 1 sont chauds.

- Si il y a trop d'agent frigorigène dans le circuit, le fluide s'évapore mal à l'évaporateur, la production de froid diminue, le compresseur tourne beaucoup et une partie du fluide peut passer à l'état liquide dans le piston du compresseur. On remarque que le tube 2 et le carter du compresseur sont froids.

- S'il n'y a pas assez de fluide frigorigène, le groupe tourne très fréquemment pendant peu de temps. L'évaporateur n'est pas assez froid, le tube 1 est chaud et le compresseur aspire à vide.

Parfois le tube d'aspiration 1 et le tube de compression 2 possèdent un manomètre avec des plages colorées ou des repères indiquant l'excès ou le défaut de pression.

Leur lecture peut donner quelques indications :

. Manomètre à la compression : Une compression élevée est le signe d'une ouverture trop grande du détendeur ou d'une présence d'air dans le circuit.

Un défaut de compression indique un manque de fluide.

. Manomètre à l'aspiration : Un excès de pression fait soupçonner l'ouverture trop grande du détendeur ou un excès de fluide.

Un défaut de pression est le signe d'un manque de fluide, de l'obstruction d'un tube ou de la présence d'un évaporateur trop petit.

PROCEDURE D'AGREMENT D'UN VEHICULE SOUS TEMPERATURE DIRIGEE

CHAPITRE I - LES SERVICES DE CONTROLE

Titre III de l'Arrêté de Février 1974, article 19, 20 et 21 modifié, Circulaire DSV n° 150C.

La responsabilité du parc des véhicules sous température dirigée incombe au Ministère de l'Agriculture. La Direction des Services Vétérinaires (Direction de la Qualité) est chargée des contrôles sous couvert de la Direction Départementale de l'Agriculture et délivre les agréments sous le couvert du Préfet. La consultation d'une commission d'experts est éventuelle.

Les demandes de contrôle sont adressées par le propriétaire, sous sa responsabilité, au Directeur Départemental des Services Vétérinaires du département d'immatriculation ou du département où siège l'entreprise pour les conteneurs.

- Section II - Les commissions d'experts.

Il y a deux commissions d'experts :

a) La commission nationale dont le rôle est de réceptionner et contrôler les wagons et les conteneurs ISO. Elle est composée de :

- Direction des Services Vétérinaires ;
- Représentant du Ministère de l'Agriculture (Génie Rural) ;
- Représentant du Ministère de l'Industrie ;
- Représentant du C.T.G.R.E.F. (station d'essais) ;
- Professions intéressées.

b) La commission départementale dont le rôle est de délivrer les agréments des véhicules routiers. Elle est composée de :

- Président (Préfet) ;
- Direction Départementale de l'Agriculture (Génie Rural) ;
- Direction des Services Vétérinaires ;
- Représentant du Ministère de l'Industrie (secrétariat, transport).

CHAPITRE II - CONSTITUTION D'UN DOSSIER

Tous les véhicules sont munis d'un dossier d'identification.

Le dossier comprend :

- Photocopie de la carte grise ;
- Fiche de renseignements signée par le propriétaire ;
- Certificat de conformité (signé par le carrossier) à un prototype ;
- Plan descriptif de la caisse ;
- P.V. d'essais de "détermination du coefficient K".

avec, en outre, pour les frigorifiques et les réfrigérants :

- Attestation du frigoriste agréé ayant réalisé l'installation ;
- P.V. d'essais du groupe ou du dispositif installé.

- Les engins neufs : Le dossier est le même que celui du prototype auquel se réfère l'engin. Un véhicule sur 100 subit les essais du C.T.G.R.E.F. (Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts) à sa sortie d'usine. Les autres subissent une visite sanitaire et technique, leur dossier

est ensuite envoyé avec un agrément provisoire dans leur département d'immatriculation.

Provisoirement la circulaire n° 8075 du 20 Mai 1976 DSV n° 65 C établit une dérogation admettant que tout engin conforme à un prototype soit agréé. Mais il est regrettable que certains engins se réfèrent à des prototypes de plus de six ans d'ancienneté.

Si l'engin neuf ne se réfère à aucun prototype, il est considéré comme tel et doit subir les essais afin de vérifier sa construction, éventuellement son système de réfrigération, son efficacité et sa conformité à la réglementation.

Seront également considérés comme tels les engins qui se réfèrent abusivement à un prototype alors que leur surface est supérieure à 20 p. 100 ou que le nombre des ouvertures est plus grand.

- Les engins ayant subi le transfert de l'un de leurs éléments : c'est le cas des cessions de caisse, de groupes, des deux ou du châssis. Le dossier est reconstitué avec les pièces justifiant de ce transfert et du signalement du nouvel élément.

CHAPITRE III - PROCEDURE D'AGREMENT

- Section I - Etude sur dossier.

a) La carte grise : permet l'identification des véhicules lorsqu'il s'agit d'un camion à caisse fixe ou d'un semi-remorque. Dans le cas d'un transfert de caisse sur un nouveau châssis, seul l'âge de la caisse est important.

Le problème de l'identification des conteneurs, tous semblables et transportés sur plusieurs châssis demeure

entier. Ces derniers doivent porter des plaques scellées mais aucun contrôle sérieux n'est encore mis en oeuvre.

b) La fiche de renseignements de l'annexe 1 de la circulaire DSV 150 C est très complète mais rarement bien informée. Les renseignements généraux identifiant l'engin doivent être comparés à ceux de la carte grise.

La nature et l'état de conservation des denrées transportées, la distance de transport envisagée doivent être scrupuleusement mentionnées.

c) Le certificat de conformité du carrossier est comparé avec le P.V. d'essais concernant la caisse et la visite avec le plan descriptif permet de contrôler l'ensemble. La surface est calculée après relevé des dimensions de la caisse.

Toutes les singularités de structure étant mentionnées obligatoirement dans le P.V. d'essais, on vérifie aisément l'isolant, sa nature et le mode d'assemblage de la caisse.

Le nombre d'ouvertures pour les classes B et C doit être rigoureusement le même que celui indiqué sur le P.V. Les joints et protection des portes ne sont pas mentionnés.

Tous les équipements accessoires (barres à viande, étagères) doivent figurer sur le P.V. ou leur système de fixation prévu. Des fautes grossières sont commises lors de la plupart des aménagements ultérieurs.

e) Le certificat de conformité du frigoriste est comparé avec le P.V. d'essais du groupe. Les renseignements des engins réfrigérants permettent d'apprécier la conformité à

un prototype rigoureusement identique.

Lors de la visite, on vérifie la marque, la nature de la source de froid, le numéro de série et le type de groupe. On peut évaluer son efficacité.

- Section II - Visite du véhicule.

a) La caisse : Après relevé des mesures de la caisse, on s'assure du bon état des parois et de l'isolant. L'épaisseur de l'isolant étant vérifiée, on frappe sur les parois pour s'assurer de l'homogénéité de l'ensemble en particulier au niveau des éventuelles réparations.

La percussion d'une paroi en bon état donne un son mat. Si l'isolant est racorni, décollé de son revêtement, il y a résonnance.

On vérifie les aménagements intérieurs, leurs aspect sanitaire.

L'étanchéité des portes ne peut être contrôlée que de l'intérieur de la caisse par les filets de lumière. Cependant certains joints les masquent entièrement ; dans ce cas, seul un thermo-couple peut les déceler.

b) Le groupe ou le système réfrigérant : après avoir vérifié l'identité des équipements, on contrôle le fonctionnement et l'efficacité.

- Les groupes : Le groupe mis en marche une heure avant la visite, on mesure la température.

Cette mesure n'est significative que pour une température extérieure d'au moins + 15°C. On contrôle le système

d'automaticité, la mise en marche du groupe à l'ouverture des portes, les dispositifs de contrôle de température accessibles au chauffeur.

On essaie d'apprécier le fonctionnement en régime stable, temps de marche et d'arrêt et de marche, le givrage...

- Les réfrigérants : on vérifie le bon fonctionnement de l'ensemble en procédant de la même façon que pour les groupes. On contrôle en particulier la ventilation.

- Section III - Vérification chez les constructeurs.

Elles sont sans doute les plus efficaces. Une périodicité déterminée améliorerait les relations entre l'administration et les industriels producteurs.

Une première prise de contact permet d'apprécier le sérieux de la construction, de comparer les différentes carrosseries, leurs réalisations et les conceptions des réalisateurs.

Certains recherchent un très bon coefficient K, d'autres une cadence de production élevée, d'autres la longévité de leurs caisses.

Le contrôle des engins âgés et les résultats des stations d'essais complètent les renseignements recueillis au cours des visites.

Les visites suivantes doivent se faire dossier en main : il est alors loisible de vérifier, sur fabrication en série, les conformités ou variations de matériau, d'isolant, d'homogénéité de l'assemblage.

Il est aisé de déceler des défauts de collage, d'assemblage à l'origine des ponts thermiques. Les ouvertures, les volets d'aération, les aménagements intérieurs et leurs fixations sont l'objet d'une particulière attention.

Le contrôle de conformité à un prototype devrait se faire à l'usine.

- Section IV - Délivrance des agréments.

Après avis favorable, lors de l'instruction du dossier la Direction Départementale des Services Vétérinaires délivre un agrément pour une durée de six ans (A6). Au bout de six années, le camion est revu, présenté avec les certificats de révision d'un carrossier et d'un frigoriste. Si les résultats de la visite sont favorables, l'agrément est reconduit pour une durée de trois années (A9).

Dans le cas de refus d'agrément, le propriétaire peut demander un passage en tunnel d'essais. Si les mesures faites au C.T.G.R.E.F. sont bonnes, le véhicule bénéficie alors d'un agrément de six années supplémentaires.

Au terme de l'agrément A9, le véhicule doit passer obligatoirement en tunnel d'essais pour toute prolongation. Si l'expertise est positive, il bénéficie d'un agrément de six ans.

Dans tous les cas, les véhicules subissent une visite sanitaire tous les trois ans. Cette procédure permet ainsi de ne jamais dissocier l'aspect hygiénique et technique du contrôle exercé.

Après 9 ans le propriétaire sollicite rarement le contrôle du véhicule en tunnel : la caisse est réformée ou détruite.

Les visites sanitaires doivent être effectuées tous les 3 ans.

Age du Camion	Passage en Tunnel	Visites	Validité de l'agrément	Type
0	1p.100 des engins de série	- vérification conformité - visite sanitaire	6 Ans	A6
3 Ans	0	- visite sanitaire	3 Ans	A6
6 Ans	Passage éventuel si contestation	- Vérification état de la caisse - Visite sanitaire	3 Ans 6 Ans si Tunnel	A9
9 Ans	Passage obligatoire en tunnel	- Visite sanitaire	3 Ans	A15
=====				
12 Ans	0	- Vérification de l'état de la caisse - Visite sanitaire	3 Ans	
15 Ans	Passage en tunnel obligatoire			

Tableau récapitulatif de la carrière d'un véhicule neuf.

CONCLUSIONS

Dans une étude récente sur l'avenir des vétérinaires dans la fonction publique, l'auteur assez pessimiste envisage la limitation de nos interventions à l'inspection des denrées alimentaires d'origine animale. Depuis quelques années cependant se développe un secteur d'activité nouvelle dans laquelle notre profession peut et doit exercer une intervention majeure : "la qualité de la vie".

Une autre orientation d'actualité est la simplification administrative. Dans ce contexte, le contrôle total des véhicules de transport sous température dirigée relève de nos attributions. Un unique agent, fonctionnaire des Services vétérinaires, exerce les contrôles relevant auparavant des Directions de l'équipement, du Génie rural, de la Répression des fraudes et de l'Hygiène alimentaire.

La présente étude, sans objectif scientifique, récapitule les connaissances et méthodes applicables au contrôle des véhicules sous température dirigée, les interférences économiques et hygiéniques de la réglementation en vigueur.

Sour Vu :
LE DIRECTEUR
de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon

LE PROFESSEUR RESPONSABLE
de l'École Nationale Vétérinaire,

Flachat

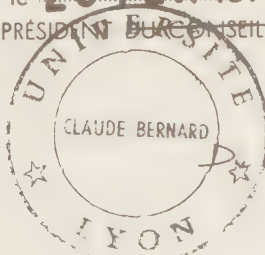
Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

[Signature]

Vu et permis d'imprimer.....

LYON, le 28 FEV 1978 19
LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ LYON I



GERMAIN

B I B L I O G R A P H I E

- ARRETE DU 1er FEVRIER 1974 : "Transport des denrées périssables. Conditions d'hygiène.

- CIRCULAIRES DE LA QUALITE DE LA VIE :

N° 8985 du 3 Novembre 1975 : "Procédure d'agrément des engins de transport sous température dirigée".

N° 8059 du 20 Mars 1976 : "Entrée en vigueur de l'A.T.P.

N° 8079 du 20 Mai 1976 : "Modalités d'application de l'arrêté modifié du 1er Février 1974 règlementant les conditions d'hygiène relatives au transport des denrées périssables".

N° 8092 du 14 Juin 1976 : "Procédure d'agrément des engins de transport réfrigérants à plaques eutectiques".

N° 8204 du 7 Février 1977 : "Arrêté du 1er Février 1974. Reconduction des agréments des engins de transport sous température dirigée de plus de 9 Ans".

N° 8233 du 30 Mars 1977 : "Agrément sanitaire des voitures boutiques".

- LE TRANSPORT ROUTIER SOUS TEMPERATURE DIRIGEE :

Par MM. G. LABONNE et M. MIQUET.

Editeur TRANFRIGOROUTE SA.

- FORMULAIRE DU FRIGORISTE : W. POHLMANN.

- APPLICATIONS FRIGORIFIQUES : P.J. RAPIN.



